



TUGAS AKHIR TF141581

**PENGARUH ARUS LISTRIK SEARAH TERHADAP  
PENJALARAN CAHAYA DALAM SERAT OPTIK  
*SINGLEMODE-MULTIMODE GRADED INDEX-  
SINGLEMODE (SMS)***

RINDA NUR HIDAYATI  
NRP. 2411 100 018

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.  
Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015

**Halaman ini memang dikosongkan**



FINAL PROJECT TF141581

***THE EFFECT OF DIRECT CURRENT TO LIGHT  
PROPAGATION IN SINGLEMODE-MULTIMODE  
GRADED INDEX-SINGLEMODE (SMS) FIBER  
OPTIC***

RINDA NUR HIDAYATI  
NRP. 2411 100 018

Supervisor  
Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc.  
Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.

ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015

**Halaman ini memang dikosongkan**

**PENGARUH ARUS LISTRIK SEARAH  
TERHADAP PENJALARAN CAHAYA DALAM  
SERAT OPTIK *SINGLEMODE-MULTIMODE*  
*GRADED INDEX-SINGLEMODE* (SMS)**

**TUGAS AKHIR**

**Oleh:  
RINDA NUR HIDAYATI  
NRP. 2411 100 018**


**Surabaya, Juli 2015  
Mengetahui dan Menyetujui**

**Pembimbing I,**



**Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M. Sc  
NIP. 19500402 197901 1 001**

**Pembimbing II,**



**Agus M. Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.  
NIP. 19780902 200312 1 002**

**Ketua Jurusan  
Teknik Fisika FTI-ITS**



**Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA  
NIP. 19650309 199002 1 001**

**PENGARUH ARUS LISTRIK SEARAH  
TERHADAP PENJALARAN CAHAYA DALAM  
SERAT OPTIK *SINGLEMODE-MULTIMODE*  
*GRADED INDEX-SINGLEMODE* (SMS)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Rekayasa Fotonika  
Program S-1 Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RINDA NUR HIDAYATI  
NRP. 2411100018

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc ..... (Pembimbing I)
2. Agus M. Hatta, S.T., M.Si., Ph.D ..... (Pembimbing II)
3. Dr. rer. nat. Ir. Aulia M.T.N., M.Sc ..... (Ketua Penguji)
4. Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc ..... (Penguji I)
5. Detak Yan Pratama, S.T., M.T. .... (Penguji II)
6. Dr. Gunawan Nugroho, S.T., M.T. .... (Penguji III)

**SURABAYA  
JULI 2015**

**PENGARUH ARUS LISTRIK SEARAH TERHADAP  
PENJALARAN CAHAYA DALAM SERAT OPTIK  
*SINGLEMODE-MULTIMODE GRADED INDEX-  
SINGLEMODE (SMS)***

**Nama Mahasiswa** : Rinda Nur Hidayati  
**NRP** : 2411 100 018  
**Jurusan** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M. Sc.  
Agus M. Hatta, S. T., M. Si., Ph.D.

**ABSTRAK**

Arus listrik yang mengalir pada kawat penghantar listrik dapat menimbulkan medan magnet. Ketika cahaya merambat pada medium optik yang dipengaruhi medan magnet maka sudut polarisasi cahaya akan berubah. Perubahan sudut polarisasi cahaya disebabkan oleh medan magnet, konstanta Verdet bahan dan panjang lintasan cahaya. Fenomena tersebut dapat dimanfaatkan antara lain untuk sensor arus berbasis optik. Pada tugas akhir ini telah dilakukan penelitian pengaruh arus listrik terhadap penjalaran cahaya dalam serat optik *singlemode-multimode graded index-singlemode* (SMS). Telah dilakukan perhitungan hubungan arus listrik dan daya keluaran serat optik SMS. Pengujian secara eksperimen dilakukan dengan cara meletakkan serat optik SMS terhadap kawat penghantar arus pada jarak tertentu. Dari hasil perhitungan diperoleh perubahan daya keluaran serat optik SMS akibat pengaruh arus listrik sebesar 0.00001 dBm untuk setiap kenaikan 1 A, sedangkan dari eksperimen diperoleh perubahan daya keluaran serat optik SMS sebesar 0.01 dBm untuk setiap kenaikan arus 1 A. Perbedaan tersebut disebabkan oleh alat pengukur daya keluaran tidak mampu membaca perubahan daya pada orde yang sangat kecil.

**Kata Kunci**—Arus listrik, medan magnet, serat optik SMS

**Halaman ini memang dikosongkan**



**THE EFFECT OF MAGNETIC FIELD TO LIGHT  
PROPAGATION IN SINGLEMODE-  
MULTIMODEGRADED INDEX-SINGLEMODE (SMS)  
FIBER OPTIC**

<b>Name</b>	<b>: Rinda Nur Hidayati</b>
<b>NRP</b>	<b>: 2411 100 018</b>
<b>Department</b>	<b>: Teknik Fisika FTI-ITS</b>
<b>Supervisor</b>	<b>: Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M. Sc. Agus M. Hatta, S. T., M. Si., Ph.D.</b>

**ABSTRACT**

*The flowing current in the conductor wire induces the magnetic fields. The magnetic field will affect the light propagation in an optical medium and then changes the light polarization angle. The change in light polarization angle was caused by the magnetic field, Verdet constant and the length of light. Thus, the phenomena can be applied in optical-based current sensor. In this final project, the research of magnetic field effect to light propagation in singlemode-multimode graded index-singlemode (SMS) fiber optic has been done. Theoritically, electric current and output power in an SMS fiber optic has been calculated. The experiment method is done by placing the fiber optic near the conductor wire at a certain distance. The calculation result show that the output change of SMS fiber optic due to influence of electric current is 0.00001 dBm for 1 A increment, while the experiment result show the output change of 0.01 dBm for 1 A increment. The different result from calculation and experiment is caused by optical power meter incapability in reading small orde ouput change.*

**Keyword**-Current, magnetic field, SMS fiber optic

**Halaman ini memang dikosongkan**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Arus Listrik Searah Terhadap Penjalaran Cahaya dalam Serat Optik *Singlemode-Multimode Graded Index-Singlemode* (SMS)”.

Terselesainya tugas akhir ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah membantu, maka pada kesempatan kali ini ijin penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku ketua jurusan Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan bimbingan, Ilmu, arahan serta motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T, M.Si, Ph.D selaku dosen pembimbing yang memberikan ilmu dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak/Ibu dosen bidang minat Rekayasa Fotonika, Ir. Apriani Kusumawardhani, M.Sc., Ir. Heru Setijono, M.Sc, Dr. rer. nat. Aulia M. T. Nasution, Detak Yan Pratama S.T., M.Sc., dan Irwansyah, S.T., M.T. yang telah memberikan kritik dan saran terkait tugas akhir penulis.
5. Bapak Detak Yan Pratama S.T., M.Sc selaku dosen wali yang telah banyak memberikan motivasi.
6. Orang tua penulis, adik dan segenap keluarga yang senantiasa memberikan motivasi, dukungan, do'a dan menjadi penghibur saat jenuh.
7. Bapak dan ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
8. Teman-teman TAwani/TAwati Laboratorium Rekayasa Fotonika, Ika Novita, Reza, mas Syafri dan Hendra yang bersama-sama berjuang untuk menyelesaikan tugas akhir.

9. Sahabat tercinta Elok, Ayu Rachma, Isti, Erna, Yusnia, Mariesta, Mega, Uyun, Evita yang selalu memberi dukungan dalam penyelesaian tugas akhir penulis.
10. Seluruh asisten Laboratorium Rekayasa Fotonika, Mbak Fitri, Mbak Ika, Nur Ika, Putri Yeni, Putria, Vinda, Diana, Afthon, Bona, Siti S, Beni, Ferry, Hafid, Peto, Zahro, Rima, Grovando, dan Elox, yang telah memberi dukungan serta membantu pengerjaan tugas akhir penulis.
11. Keluarga besar angkatan 2011 Teknik Fisika dan teman-teman lainnya yang senantiasa mengingatkan dan menyemangati penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.
12. Pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidaklah sempurna dengan adanya beberapa kekurangan. Oleh karena itu, sangat penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik lagi. Penulis juga berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat, khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
COVER .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xxi
DAFTAR NOTASI .....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Laporan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Medan Magnet .....	5
2.2 Efek Faraday .....	9
2.3 Serat Optik .....	10
2.4 Serat Optik <i>Multimode</i> .....	13
2.5 Serat Optik <i>Singlemode-Multimode graded index-Singlemode</i> (SMS) .....	14
2.6 <i>Loss</i> Daya Serat Optik SMS akibat Pengaruh Medan Magnet .....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Studi Literatur .....	22
3.2 Perhitungan Pengaruh Arus Listrik terhadap Daya Keluaran Serat Optik SMS.....	22
3.3 Pembuatan dan Pengujian Serat Optik SMS yang dipengaruhi Arus Listrik .....	23
3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan .....	24
3.3.2 Penyambungan Serat Optik SMS.....	25

3.3.3 Set-up Eksperimen .....	26
3.3.4 Pengujian Serat Optik SMS akibat Pengaruh Medan Magnet.....	30
3.4 Analisis Data dan Pembahasan .....	31
3.5 Penarikan Kesimpulan.....	31
3.6 Penyusunan Laporan .....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Hasil dan Analisa secara Teori (Perhitungan).....	33
4.2 Hasil Pengujian Serat Optik SMS akibat Pengaruh Medan Magnet .....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	49
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	
LAMPIRAN D	
LAMPIRAN E	
LAMPIRAN F	
LAMPIRAN G	
BIOGRAFI PENULIS	

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Penentuan jumlah loop dari setiap <i>paddle</i> pada <i>quarter-wave retardation</i> [13]	27
Tabel 3.2	Penentuan jumlah loop dari setiap <i>paddle</i> pada <i>half-wave retardation</i> [13]	27
Tabel 4.1	Perhitungan hubungan arus, medan magnet dan rotasi sudut polarisasi	32

**Halaman ini memang dikosongkan**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi penyimpangan jarum kompas didekat kawat berarus listrik	7
Gambar 2.2	Kaidah tangan kanan	8
Gambar 2.3	Medan listrik disekitar kawat lurus	8
Gambar 2.4	Polarisasi cahaya yang terjadi setelah melewati medan magnet	9
Gambar 2.5	Bagian-bagian struktur serat optik	10
Gambar 2.6	Ilustrasi <i>total internal reflection</i> (TIR) [15]	11
Gambar 2.7	Skema pemanduan cahaya pada serat optik	11
Gambar 2.8	Geometri, profil indeks bias (a) serat optik <i>multimode step-index</i> , (b) serat optik <i>singlemode step-index</i> , (c) serat optik <i>multimode graded-index</i> [8]	12
Gambar 2.9	Geometri dan profil indeks bias serat optik <i>multimode graded index</i>	13
Gambar 2.10	Profil index bias serat optik <i>multimode</i>	14
Gambar 2.11	Skema serat optik <i>singlemode-multimode-singlemode</i>	15
Gambar 2.12	Peristiwa <i>self imaging</i>	17
Gambar 3.1	Alur pengerjaan tugas akhir	19
Gambar 3.2	Diagram alir perancangan dan pengujian serat optik SMS	22
Gambar 3.3	(a) Serat optik <i>singlemode</i> SMF-28 <i>step index core</i> 8.2 $\mu\text{m}$ (b) Serat optik <i>multimode graded-index Thorlabs type-GIF core</i> 62.5 $\mu\text{m}$ (c) <i>Fusion Splicer</i> (d) <i>Fiber cleaver</i> (e) <i>Fiber stripper</i> (f) <i>Optical light source</i> JDSU type-OLS-35 (g) <i>Optical power meter</i> JDSU type-OLP-35	23
Gambar 3.4	Skema serat optik SMS	24

Gambar 3.5	Skema <i>set-up</i> eksperimen untuk pengujian serat optik SMS	25
Gambar 3.6	<i>3-paddle fiber polarization controllers</i>	26
Gambar 3.7	Plot panjang gelombang dan besar sudut setiap paddle [13]	27
Gambar 4.1	Hubungan kuat arus dan rotasi sudut polarisasi cahaya	35
Gambar 4.2	Hubungan arus dan loss daya keluaran serat optik SMS (a) pada Lmmf 5,941 cm, (b) pada Lmmf 6 cm, (c) pada Lmmf 11,88 cm, (d) pada Lmmf 17,82 cm	37
Gambar 4.3	Hubungan arus dan loss daya keluaran serat optik SMS ketika didekatkan kawat penghantar arus sejauh 1 cm (a) pada Lmmf 5,941 cm, (b) pada Lmmf 6 cm, (c) pada Lmmf 11,88 cm, (d) pada Lmmf 17,82 cm	40
Gambar 4.4	Hubungan arus dan loss daya keluaran serat optik SMS ketika didekatkan kawat penghantar arus sejauh 2 cm (a) pada Lmmf 5,941 cm, (b) pada Lmmf 6 cm, (c) pada Lmmf 11,88 cm, (d) pada Lmmf 17,82 cm	42
Gambar 4.5	Hasil hubungan arus dan <i>loss</i> daya keluaran dengan variasi jarak serat optik SMS terhadap kawat penghantar	43
Gambar 4.6	Hubungan arus dan loss daya keluaran serat optik SMS (a) pada panjang serat optik multimode graded index 6 cm (b) sebelum dan sesudah dipengaruhi arus listrik	45
Gambar 4.7	Hubungan arus dan <i>loss</i> daya keluaran serat optik SMS pada panjang serat optik <i>multimode graded index</i> 11,88 cm	46

Gambar 4.8   Hubungan arus dan *loss* daya keluaran  
serat optik SMS pada panjang serat optik  
*multimode graded index* 17,82 cm                      47

## DAFTAR SIMBOL

$\mu_o$	Permeabilitas ruang hampa ( $4\pi \cdot 10^{-7}$ Wb/A.m)
I	Arus listrik (A)
B	Medan magnet (T)
$\pi$	phi (3,14)
R	Jarak benda terhadap kawat penghantar (m)
$\theta$	Rotasi sudut polarisasi cahaya (rad)
V	Konstanta Verdet (rad/T.m)
L	Panjang lintasan cahaya (m)
$\lambda$	Panjang gelombang cahaya (nm)
$n_1$	Indeks bias <i>core</i>
$n_2$	Indeks bias <i>cladding</i>
NA	<i>Numerical aperture</i>
$\Delta$	Perbedaan indeks bias relatif
$\psi_s$	Profil medan di serat optik <i>singlemode</i>
$w_s$	<i>Gaussian spot size</i> serat optik <i>singlemode</i>
$a_s$	Jari-jari <i>core</i> serat optik <i>singlemode</i>
$V_s$	<i>V-number</i> serat optik <i>singlemode</i>
$\psi_m$	Profil medan di serat optik <i>multimode graded index</i>
$w_m$	<i>Gaussian spot size</i> serat optik <i>multimode graded index</i>
$a_m$	Jari-jari <i>core</i> serat optik <i>multimode graded index</i>
$V_m$	<i>V-number</i> serat optik <i>multimode graded index</i>
$\beta_m$	Konstanta propagasi serat optik <i>multimode graded index</i>
Am	Amplitudo
$L_z$	Jarak <i>reimaging</i>
$\varphi$	Besar sudut <i>paddle</i> polarisator fiber (rad)
a	Konstanta (0,133) untuk serat optik silika
N	Jumlah <i>loop</i>
d	Diameter <i>cladding</i> serat optik
D	Diameter <i>loop paddle</i>

**Halaman ini memang dikosongkan**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Arus merupakan salah satu besaran pokok dalam ilmu fisika yang dilambangkan  $I$  dan mempunyai satuan ampere. Arus listrik terjadi karena adanya aliran elektron-elektron dari atom-atom pada sebuah penghantar dengan kecepatan waktu tertentu dimana setiap elektron mempunyai besaran yang sama. Dalam penemuannya, Oersted menemukan bahwa arus listrik yang mengalir dapat menimbulkan medan magnet. Percobaan Oersted menunjukkan ketika sebuah arus mengalir pada kawat penghantar maka jarum kompas yang didekatkan kawat tersebut akan menyimpang. Hal ini membuktikan bahwa disekitar kawat penghantar yang dialiri arus akan timbul medan magnet.

Dalam perkembangannya, Michael Faraday telah melakukan percobaan yang sering dikenal dengan nama efek Faraday. Efek Faraday merupakan peristiwa berubahnya sudut polarisasi cahaya yang terpolarisasi linier ketika merambat melalui medium transparan dalam pengaruh medan magnet. Besar perubahan sudut polarisasi cahaya tergantung dari bahan yang digunakan untuk merambatkan cahaya.

Arus listrik ada dua macam yaitu arus listrik searah (DC) dan arus listrik bolak-balik (AC). Dalam kehidupan sehari-hari maupun di industri listrik sangat dibutuhkan untuk menunjang aktivitas baik menggunakan arus listrik AC maupun DC. Terdapat berbagai jenis alat yang telah digunakan dalam monitoring arus untuk mengetahui seberapa besar arus yang mengalir dalam penghantar, antara lain sensor *magnetic fluxgate*, *hall effect sensor*, *digital clamp ampere meter* dan *current transformer* (CT). Salah satu alat untuk monitoring arus listrik yaitu CT yang digunakan untuk pengukuran arus dengan besarnya hingga ratusan ampere lebih yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi [1]. Dalam pengembangannya CT mempunyai banyak kekurangan antara lain adanya efek

histeresis, efek resonansi yang tinggi, alat ukur yang besar dan berat, mempunyai akurasi 0,3% [1]. Sedangkan saat ini, banyak terdapat alat ukur berbasis optis yang memiliki kelebihan lebih dari alat ukur berbasis elektrik salah satunya adalah pemanfaatan serat optik sebagai sensor maupun transduser. Penggunaan serat optik sebagai sensor banyak dikembangkan sebagai sensor pH, kelembaban, temperatur, level, pergerasan, *specific gravity*, vibrasi, tegangan, arus, dll. Serat optik digunakan sebagai sensor karena memiliki kelebihan antara lain mempunyai sensitifitas tinggi, dapat digunakan pada jarak jauh serta tidak rentan terhadap interferensi elektromagnetik. Serat optik yang banyak digunakan sebagai sensor adalah serat optik plastik, serat optik *singlemode* maupun *multimode*.

Perkembangan serat optik berstruktur *singlemode-multimode-singlemode* (SMS) banyak digunakan sebagai sensor. Pengembangan serat optik SMS sebagai sensor antara lain pengukuran temperatur dengan menggunakan serat optik berbasis SMS (Q.Wu dkk,2010), sensor pergeseran berdasarkan serat optik berstruktur SMS (Wang,Rouhui dkk,2010) serta sensor level serat optik SMS (Yu,Zhao dkk,2011) dll. Karena pemanfaatan sensor berbasis serat optik SMS untuk mengukur besaran-besaran fisis didapatkan hasil yang baik, maka dapat dikembangkan pengukuran arus menggunakan sensor serat optik berbasis SMS. Kelebihan serat optik sebagai sensor arus yaitu tidak adanya efek histeresis, output dari serat optik tidak berbahaya, alat kecil dan akurasi besar [2].

Pada tahun 1999 telah dilakukan suatu penelitian tentang penggunaan serat optik sebagai transduser arus listrik. Berdasarkan efek Faraday, intensitas cahaya yang melewati arus listrik akan berubah [3]. Pada tahun 2011 telah dilakukan penelitian Matthieu dkk tentang efek Faraday sebagai dasar *fiber optic current sensor* [4]. Selain itu, penelitian yang dilakukan mengenai sensor arus adalah mengenai *fiber optic current sensor* menggunakan *ferrofluids* dan *multimode interference* dengan menggunakan panjang serat optik

multimode 7,8 cm [5]. Penelitian mengenai pemanfaatan serat optik sebagai sensor arus yaitu dengan memanfaatkan medan magnet ditimbulkan oleh arus listrik yang mempengaruhi penjalaran cahaya.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan mengenai pengaruh arus listrik terhadap sudut polarisasi cahaya yang menerapkan efek Faraday maka penulis akan melakukan penelitian mengenai pengaruh arus listrik terhadap penjalaran cahaya dalam serat optik *singlemode-multimode graded index-singlemode* (SMS). Dalam penelitian ini menggunakan serat optik SMS sebagai medium perambatan cahaya yang akan dikenai pengaruh arus listrik.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan yang akan dibahas pada penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana pengaruh arus listrik terhadap penjalaran cahaya dalam serat optik *singlemode-multimode graded index-singlemode* (SMS).

### **1.3. Tujuan**

Tujuan tugas akhir ini adalah mengetahui pengaruh arus listrik terhadap penjalaran cahaya dalam serat optik *singlemode-multimode graded index-singlemode* (SMS).

### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam pelaksanaan tugas akhir ini antara lain:

- a. Pembuatan serat optik SMS menggunakan serat optik *singlemode* (SMF-28 core 4,5  $\mu\text{m}$ ) dan serat optik *multimode graded-index* (GIF core 62,5  $\mu\text{m}$ ).
- b. Panjang serat optik *multimode graded-index* yang disambungkan pada serat optik *singlemode* adalah 6 cm, 11,88 cm dan 17,82 cm.



- c. Jarak serat optik SMS terhadap medan magnet disekitar kawat penghantar arus pada penelitian ini adalah 0,06 cm, 1 cm dan 2 cm.
- d. Panjang gelombang sumber cahaya yang digunakan dalam penelitian adalah 1550 nm.
- e. Sumber cahaya dan *optical power meter* menggunakan OLS-35 dan OLP-35.

### **1.5. Sistematika Laporan**

Laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis melalui pembagian beberapa bab dengan rincian sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini dijelaskan secara rinci latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika laporan yang digunakan dalam tugas akhir penulis.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab II menjelaskan prinsip dasar dan persamaan-persamaan matematis yang mendukung pengerjaan penelitian ini antara lain arus listrik searah, medan magnet, efek Faraday, prinsip dasar serat optik, pola penjalaran cahaya pada serat optik SMS serta pengaruh arus listrik terhadap penjalaran cahaya dalam serat optik SMS.

#### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini merupakan penjelasan langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian tugas akhir. Secara garis besar langkah-langkah tersebut meliputi perhitungan pengaruh arus listrik terhadap daya keluaran serat optik SMS. Pembuatan serta pengujian serat optik SMS akibat pengaruh arus listrik.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini terdiri dari analisis data hasil perhitungan *loss* daya keluaran serat optik SMS yang dipengaruhi oleh arus listrik dan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Berdasarkan data yang diperoleh kemudian dilakukan pembahasan yaitu dengan membandingkan antara data hasil perhitungan dan eksperimen.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

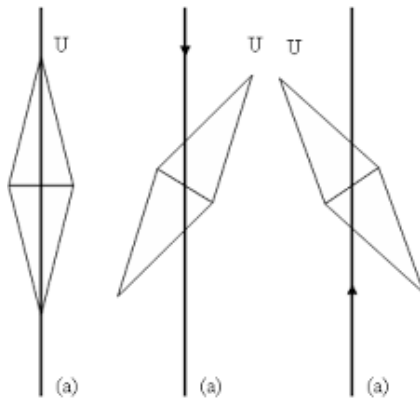
Bab ini berisi tentang kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang dilakukan serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

*Halaman ini memang dikosongkan*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

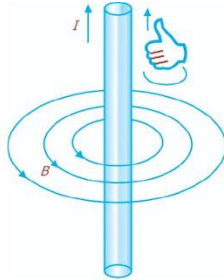
### 2.1. Medan Magnet

Pada tahun 1820, seorang ilmuwan berkebangsaan Denmark, Hans Cristian Oersted (1777-1851) mengamati bahwa ketika sebuah kompas diletakkan dekat dengan kawat berarus, maka jarum kompas tersebut akan menyimpang atau bergerak ketika arus mengalir melauhi kawat. Apabila tidak ada arus yang mengalir melalui kawat, jarum kompas tersebut tetap diam. Karena sebuah jarum kompas hanya dapat disimpangkan oleh medan magnet, maka Oersted menyimpulkan bahwa suatu arus listrik dapat menghasilkan medan magnet.



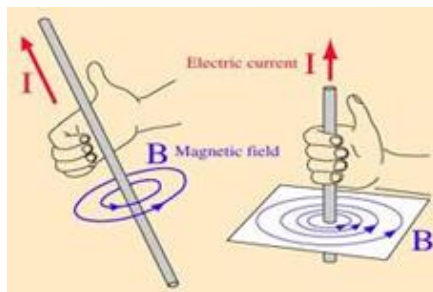
**Gambar 2.1** Ilustrasi penyimpangan jarum kompas didekat kawat berarus listrik[6]

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa arus yang mengalir didalam kawat dapat menghasilkan efek-efek megnetik. Medan magnet yang dihasilkan mempunyai arah. Untuk mengetahui arah medan medan magnet dapat menggunakan suatu metode yaitu kaidah tangan tangan.



**Gambar 2.2** Kaidah tangan kanan[6]

Gambar 2.2 merupakan metode untuk menentukan arah medan magnet. Ibu jari menunjukkan arah arus, sedangkan keempat jari yang menggenggam menunjukkan arah medan magnet yang melingkari kawat. Pada kawat lurus, medan magnet di suatu titik di sekitar kawat berarus listrik dinyatakan dengan besaran  $B$ , menurut hukum Bio-Savart bahwa medan magnet  $B$  berbanding lurus dengan arus listrik serta berbanding terbalik dengan jarak benda dari kawat penghantar.



**Gambar 2.3** Medan listrik disekitar kawat lurus[6]

Semakin besar kuat arus maka semakin besar pula medan magnet yang dihasilkan, akan tetapi semakin jauh jaraknya terhadap kawat penghantar semakin kecil kuat medan magnet.

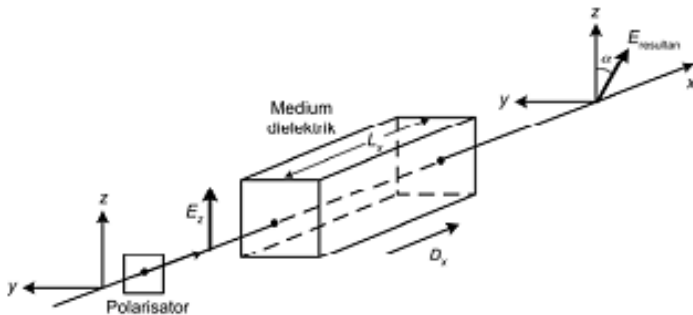
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \text{ (T)} \quad (2.1)$$

dimana  $B$  merupakan medan magnet (T),  $\mu_0$  permeabilitas ruang hampa ( $4\pi \cdot 10^{-7}$  Wb/amp.m),  $I$  adalah kuat arus listrik (A) dan  $R$  adalah jarak terhadap kawat penghantar (m).

## 2.2. Efek Faraday

Pada tahun 1845, Michael Faraday telah mengamati adanya rotasi bidang polarisasi cahaya terpolarisasi linear setelah cahaya tersebut melewati kaca timbal dalam arah yang sejajar dengan medan magnet yang mempengaruhinya.

Gambar 2.1 menunjukkan secara skematis terjadinya efek Faraday. Cahaya terpolarisasi linier dalam arah sumbu  $z$  merambat dalam arah sumbu  $x$  melalui sebuah polarisator kemudian memasuki medium dielektrik sepanjang  $L$  yang dipengaruhi oleh medan magnet yaitu sebesar  $B$ . Setelah melewati medium dielektrik yang dipengaruhi medan magnet, cahaya terpolarisasi tersebut akan mengalami rotasi bidang polarisasi.



**Gambar 2.4** Polarisasi cahaya yang terjadi setelah melewati medan magnet [7]

Besar sudut rotasi Faraday  $\alpha$ , sebanding dengan kuat medan magnet  $B$ , dan panjang lintasan cahaya yang sejajar medan magnet di dalam bahan  $L$ , maka

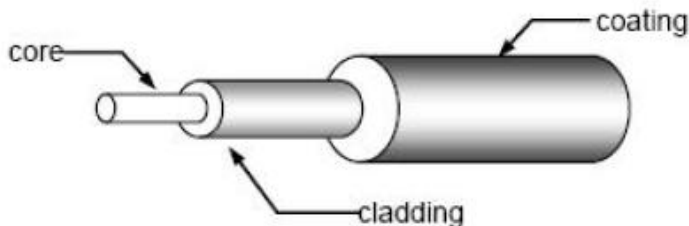
$$\alpha = VBL \text{ (rad)} \quad (2.2)$$

dengan  $V$  adalah konstanta Verdet

Konstanta Verdet merupakan karakteristik bahan dan bergantung pada panjang gelombang cahaya yang melewatinya.

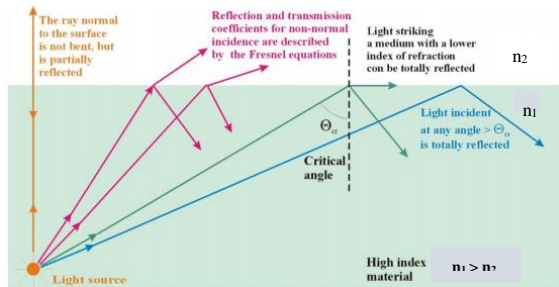
### 2.3. Serat Optik

Serat optik adalah pandu gelombang dielektrik silinder yang terbuat dari material *low-loss* seperti plastik dan gelas silika. Serat optik mempunyai tiga bagian yaitu jaket, *cladding* dan *core*. *Core* merupakan bagian serat optik yang mempunyai indeks bias lesar daripada lapisan *cladding*. Bagian *cladding* mengelilingi bagian *core* dan jaket merupakan bagian terluar serat optik yang berfungsi sebagai pelindung lapisan *cladding* maupun *core*. Berikut bagian-bagian dari serat optik.



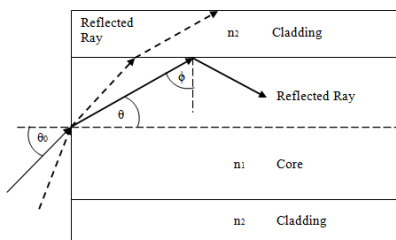
**Gambar 2.5** Bagian-bagian struktur serat optik[8]

Pada prinsipnya, pemanduan cahaya pada serat optik berdasarkan prinsip *total internal reflection* (TIR).



**Gambar 2.6** Ilustrasi *total internal reflection* (TIR) [8]

*Total Internal Reflection* merupakan prinsip pemanduan cahaya. Cahaya dapat dipandu melalui serat optik disebabkan karena berkas cahaya datang dari medium yang mempunyai indeks bias lebih besar ( $n_1$ ) ke medium yang mempunyai indeks bias lebih kecil ( $n_2$ ). Jika sudut berkas cahaya datang lebih kecil daripada sudut kritis ( $\theta_{cr}$ ), maka cahaya akan dibiaskan keluar dari serat optik. Sedangkan jika sudut berkas cahaya datang lebih besar daripada sudut kritis, maka cahaya akan dipantulkan lagi ke dalam serat optik. Sudut kritis adalah besar sudut datang yang menghasilkan sudut bias sebesar  $90^\circ$ .



**Gambar 2.7** Skema pemanduan cahaya pada serat optik[8]

TIR hanya dapat terjadi ketika sudut datang berkas cahaya lebih kecil dari sudut kritis. Oleh karena itu, agar terjadi



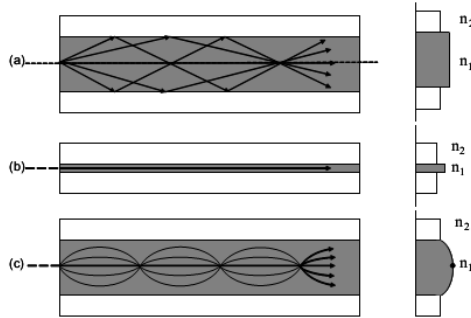
pemanduan cahaya maka berkas cahaya yang dimasukkan ke dalam *core* harus mempunyai sudut maksimal yang dapat diterima agar menghasilkan sudut kritis yang minimal.

$$n \sin \theta_{0,max} = n_1 \cos \theta_c = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} \quad (2.3)$$

Nilai  $\sin \theta_0$  maksimal dapat direpresentasikan dengan NA (*Numerical Aperture*), yaitu angka yang merepresentasikan sudut penerimaan maksimal serat optik agar terjadi pemanduan cahaya yang sempurna. Maka persamaan matematis untuk nilai NA adalah sebagai berikut

$$NA = n \sin \theta_{0,max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.4)$$

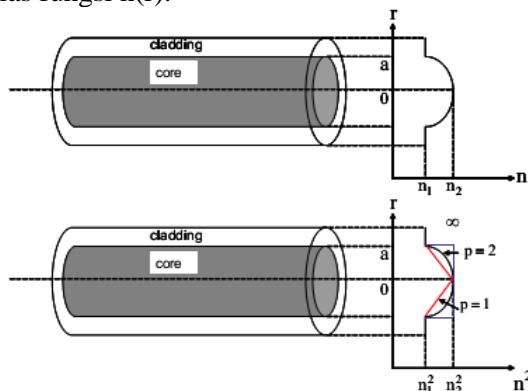
Berdasarkan moda perambatannya, serat optik dibagi menjadi dua jenis yaitu serat optik *singlemode* dan serat optik *multimode*. Diameter *core* serat optik *singlemode* lebih kecil dibandingkan dengan diameter *core* serat optik *multimode*. Jika diameternya kecil, maka hanya satu moda saja yang dirambatkan sedangkan pada serat optik *multimode* mempunyai banyak moda dikarenakan diameter *core* besar.



**Gambar 2.8** Geometri, profil indeks bias (a) serat optik *multimode step-index*, (b) serat optik *singlemode step-index*, (c) serat optik *multimode graded-index* [8]

## 2.4. Serat Optik *Multimode*

Serat optik *multimode* mempunyai diameter *core* lebih besar daripada serat optik *singlemode* sehingga jumlah moda yang merambat pada *core* sangat banyak. Banyaknya moda yang merambat pada serat optik *multimode* akan menyebabkan perbedaan kecepatan grup dari moda-moda tersebut. Akibatnya pulsa akan melebar sepanjang serat optik *multimode*. Efek seperti ini dikenal sebagai *modal dispersion*, yaitu batas kecepatan pulsa-pulsa dapat dikirim tanpa saling tumpah tindih. *Modal dispersion* dapat dikurangi dengan gradien indeks bias dari *core*. Gradien indeks bias yaitu yang mempunyai nilai maksimum pada pusatnya dan nilai minimum pada batas *core-cladding*. Serat optik yang mempunyai nilai gradien indeks bias tersebut disebut dengan serat optik *multimode graded index*, sedangkan serat konvensional dengan susunan indeks bias *core* yang memiliki nilai konstan disebut serat optik *multimode step index*. Indeks bias *core* pada serat optik *multimode graded index* adalah fungsi dari posisi radial,  $n(r)$  dan indeks bias *cladding* adalah konstan ( $n_2$ ). Nilai tertinggi dari  $n(r)$  adalah  $n(r = 0) = n_1$  dan nilai terendah pada  $r = a$ ,  $n(a) = n_2$ . Berikut ilustrasi profil index bias fungsi  $n(r)$ .



**Gambar 2.9** Geometri dan profil indeks bias serat optik *multimode graded index*[8]

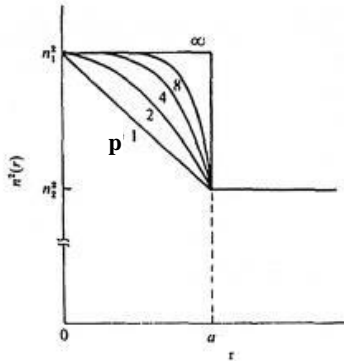
Indeks bias serat optik *multimode graded index* dapat didekati dengan menggunakan persamaan dibawah ini[8]

$$n(r) = n_1 \left[ 1 - 2 \left( \frac{r}{a} \right)^p \Delta \right]^{1/2}, r \leq a \quad (2.5)$$

dimana

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

p disebut dengan parameter profil gradien index. Untuk p=1,  $n^2(r)$  adalah linier dan untuk p=2,  $n^2(r)$  adalah kuadratik sedangkan p=∞,  $n^2(r)$  merupakan fungsi step seperti diilustrasikan dibawah ini:

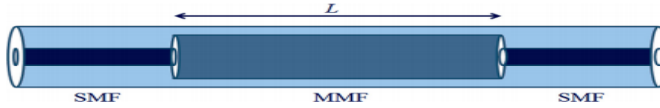


**Gambar 2.10** Profil gradien index bias serat optik *multimode* [9]

## 2.5. Serat Optik *Singlemode-Multimode graded index-Singlemode* (SMS)

Serat optik berstruktur SMS merupakan serat optik yang terdiri dari dua serat optik *singlemode* identik yang disambung secara aksial pada kedua ujung serat optik *multimode graded*

*index*. Struktur serat optik dapat dilihat pada gambar dibawah ini



**Gambar 2.11** Skema serat optik *singlemode-multimode-singlemode* [10]

Serat optik *singlemode* mempunyai diameter *core* yang lebih kecil daripada serat optik *multimode*. Moda pada serat *singlemode* akan membangkitkan moda serat optik *multimode*. Pada serat optik *singlemode*, moda fundamental yang merambat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini[10]

$$\psi_s(r) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{1}{w_s} e^{(-r^2/w_s^2)} \quad (2.6)$$

dimana  $w_s$  adalah *gaussian spot size* dari moda. Untuk mencari *gaussian spot size* serat optik *singlemode* dapat didekati dengan persamaan berikut,[10]

$$\frac{w_s}{a_s} = \left[ 0,65 + \frac{1,619}{V_s^3} + \frac{2,879}{V_s^6} \right]; \quad 0,8 \leq V_s \leq 2,5 \quad (2.7)$$

$a_s$  adalah jari-jari core dan  $V_s$  adalah *V-number* dengan  $V = \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ . Ketika sambungan serat optik *singlemode* dan *multimode* diasumsikan tersambung secara sempurna, maka daya *output* pada sambungan *lead-out* adalah eksitasi beberapa moda sirkular simetri yang pertama. Distribusi indeks bias *multimode graded-index* dapat didekati dengan distribusi parabola. Persamaan moda-moda ini dapat didekati dengan persamaan berikut ini[10]

$$\psi_m(r) = \sqrt{\frac{2}{\pi} \frac{1}{w_M}} L_{m-1} \left( \frac{2r^2}{w_M^2} \right) e^{(-r^2/w_M^2)} \quad (2.8)$$

dengan  $L_m(r)$  merupakan fungsi *polynomial laguerre* dengan derajat  $m$  dan  $w_M$  yang menunjukkan ukuran titik *gaussian* dari moda *fundamental* dengan persamaan berikut ini[10]

$$w_M = \left[ \frac{2a_M}{k_0 n_0 \sqrt{2\Delta_M}} \right]^{1/2} = a_M \sqrt{\frac{2}{V_M}} \quad (2.9)$$

dimana  $V_M$  adalah *V-number* dari serat optik *multimode* dengan  $V_M = k_0 a_M \sqrt{n_{co}^2 - n_{cl}^2}$ . Kontanta propagasi dari serat optik *multimode graded-index* dapat didekati dengan persamaan berikut ini[10]

$$\beta_m = k_0 n_0 \left[ 1 - \frac{2(2m+1)\alpha_M}{k_0^2 n_0^2} \right]^{1/2}; m = 0, 1, 2, \dots \quad (2.10)$$

$$\text{dimana } \alpha_M = \frac{k_0 n_0}{a_M} \sqrt{2\Delta_M} = \frac{V_M}{a_M^2} = 2/w_M^2$$

Ketika pada sambungan pertama (ujung input adalah  $z = 0$ ) dari serat optik *multimode*, maka total medan dapat didekati dengan persamaan berikut ini[10]

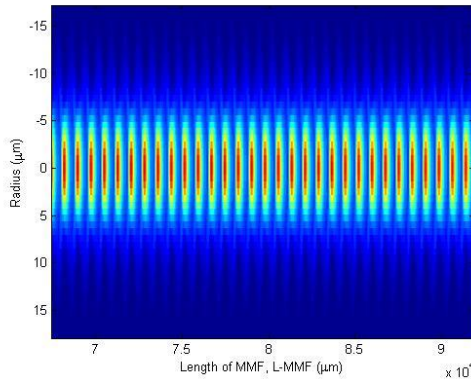
$$\psi(z = 0) = \psi_s = \sum A_m \psi_m(r) \quad (2.11)$$

$$\text{dimana } A_m = \frac{2\mu}{(1+\mu^2)} \left( \frac{1-\mu^2}{1+\mu^2} \right)^m \text{ dan } \mu = w_s/w_m$$

Pada sambungan *lead-out* total moda akan digabungkan kembali dengan moda *fundamental*. Total moda pada ujung *output* serat *multimode* adalah sebagai berikut[10]

$$\psi(z = L) = \sum A_m \psi_m e^{-i\beta_m L} \quad (2.12)$$

Pada serat optik SMS akan terjadi fenomena peristiwa *multimode interference* (MMI). MMI terjadi karena perbedaan profil masukan cahaya dalam serat optik. Peristiwa MMI merupakan fenomena yang terjadi akibat pemantulan cahaya berulang dalam susunan *core* dan *cladding* serat optik. Peristiwa pemantulan yang berulang tersebut menyebabkan interferensi antar moda. Interferensi yang terjadi bisa secara konstruktif maupun destruktif. Pemantulan cahaya dengan banyak moda yang terjadi secara berulang pada rentang waktu yang periodik sepanjang pemanduan disebut dengan peristiwa *self-imaging*. *Self imaging* yang terjadi pada serat optik *multimode* merupakan salah satu jenis interferensi konstruktif.



**Gambar 2.12** Peristiwa *self imaging*

Jarak antar *self-imaging* yang terjadi disebut sebagai jarak *reimaging* yang dapat didekati menggunakan persamaan dibawah ini[10].

$$L_z = \frac{2\pi}{\beta_0 - \beta_1} \quad (2.13)$$

## 2.6. Loss Daya Serat Optik SMS akibat Pengaruh Arus Listrik

Berdasarkan percobaan Faraday bahwa ketika cahaya melewati benda transparan yang didekatkan dengan medan magnet maka akan terjadi rotasi sudut polarisasi cahaya. Besar rotasi sudut polarisasi cahaya yang melewati serat optik dapat didekati dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\theta = VBL \text{ (rad)} \quad (2.14)$$

$$\theta = \frac{V\mu_0 IL}{2\pi R} \text{ (rad)} \quad (2.15)$$

dimana

$\theta$  = besar sudut polarisasi (rad)

$V$  = konstanta Verdet (rad/T.m)

$\mu_0$  = permeabilitas ruang hampa ( $4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m)

$I$  = kuat arus (A)

$L$  = panjang bahan yang dilewati cahaya (m)

$R$  = jarak serat optik SMS terhadap kawat penghantar (m)

Perubahan arah sudut polarisasi akibat adanya medan magnet akan berpengaruh pada *loss* dari serat optik SMS. Perhitungan *loss* serat optik SMS akibat adanya medan magnet. Ketika pada sambungan pertama (ujung input adalah  $z = 0$ ) dari serat optik *multimode*, maka total medan adalah sebagai berikut [10]

$$\psi(z = 0) = \psi_s = \sum A_m \psi_m(r) \quad (2.16)$$

Pada sambungan *lead-out* total moda akan digabungkan kembali dengan moda *fundamental*. Total moda pada ujung *output* serat optik *multimode* akibat adanya pengaruh medan magnet adalah sebagai berikut[11]

$$\psi(z = L) = \sum A_m \psi_m e^{-i\beta_m L - (-i\theta L)} \quad (2.17)$$

Maka loss daya keluaran dari serat optik SMS akibat pengaruh medan magnet dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini[11]

$$Loss = -10 \log_{10} \left( \frac{\int \psi_s \psi_{(z=L)} dr}{\int \psi_s dr \int \psi_s dr} \right) \text{ dB} \quad (2.18)$$

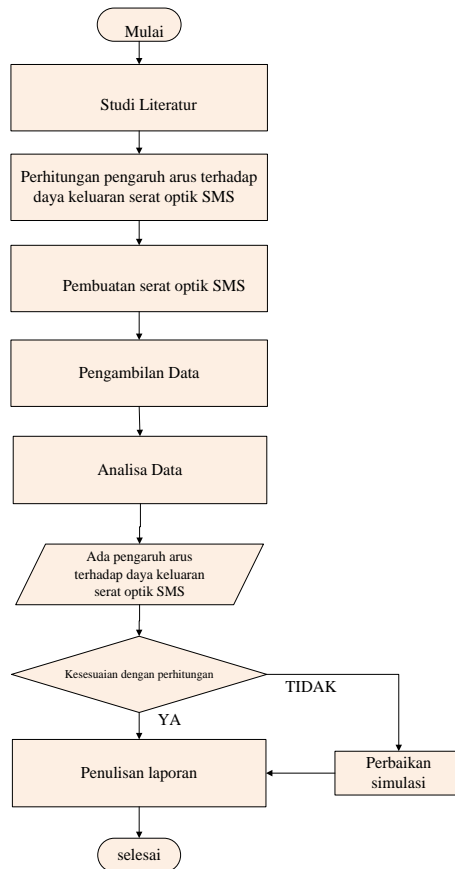


**Halaman ini memang dikosongkan**

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan dari awal hingga akhir untuk tercapainya tujuan dari tugas akhir ini. Tahapan dalam pengerjaan tugas akhir terdapat dalam diagram alir dibawah ini.



**Gambar 3.1** Alur pengerjaan tugas akhir

### **3.1. Studi Literatur**

Dalam pengerjaan tugas akhir ini dimulai dengan studi literatur. Studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mempelajari prinsip dasar serat optik berstruktur SMS, memahami parameter – parameter dari serat optik SMS, arus listrik searah serta pengaruhnya terhadap penjalaran cahaya dalam serat optik SMS. Literatur yang digunakan antara lain buku, jurnal penelitian, artikel ilmiah, disertasi serta laporan tugas akhir yang membahas mengenai serat optik berstruktur SMS. Selanjutnya dilakukan perancangan dengan menghitung pengaruh arus listrik terhadap penjalaran cahaya dalam serat optik SMS.

### **3.2. Perhitungan Pengaruh Arus Listrik terhadap Daya Keluaran Serat Optik SMS.**

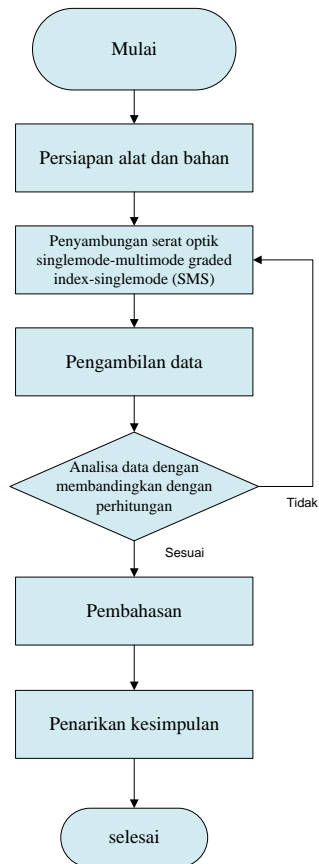
Pada tahap awal dilakukan perhitungan pengaruh arus listrik terhadap penjalaran cahaya dalam serat optik SMS. Sesuai dengan percobaan Faraday, ketika cahaya terpolarisasi linier melewati benda transparan yang didekatkan medan magnet maka arah sudut polarisasi cahaya akan berubah tergantung dari panjang benda dan konstanta Verdet dari bahan tersebut. Dalam perancangan ini, serat optik SMS dengan panjang tertentu diletakkan pada kawat penghantar arus. Perubahan sudut polarisasi cahaya pada serat optik SMS tersebut akan berpengaruh terhadap daya keluaran yang terbaca oleh *optical power meter*. Dalam perhitungan ini arus listrik yang digunakan yaitu arus listrik searah pada rentang 0-15 A. Pada rentang tersebut akan dilakukan perhitungan serta analisa pengaruh arus listrik terhadap penjalaran cahaya dalam serat optik SMS yang berakibat pada daya keluaran.

### **3.3. Pembuatan dan Pengujian Serat Optik SMS yang Dipengaruhi Arus Listrik**

Pembuatan serat optik SMS disesuaikan dengan hasil perhitungan panjang serat optik *multimode graded index*.

Panjang serat optik *multimode graded index* yang digunakan pada pembuatan serat optik SMS yaitu 6 cm, 11,82 cm dan 18,88 cm. Setelah pembuatan serat optik SMS, dilakukan pengujian serat optik SMS yang dipengaruhi arus listrik.

Berikut merupakan diagram alir pengujian serat optik SMS secara eksperimen.

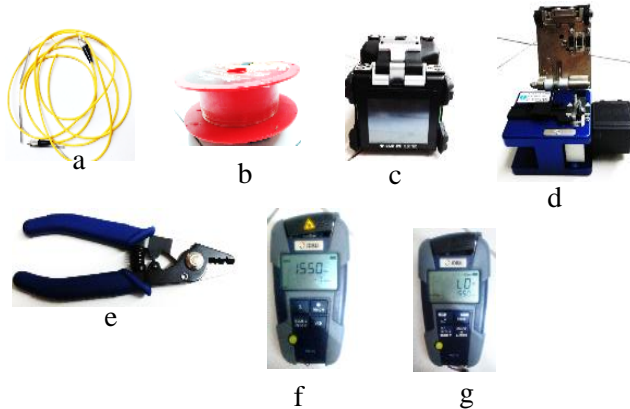


**Gambar 3.2** Diagram alir pembuatan dan pengujian serat optik SMS

### 3.3.1. Persiapan Alat dan bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pembuatan serat optik SMS adalah sebagai berikut:

- Serat optik *singlemode SMF-28 step index core* 8.2  $\mu\text{m}$
- Serat optik *multimode graded-index Thorlabs type-GIF core* 62.5 $\mu\text{m}$
- Alkohol 96%
- *Fusion Splicer type-ZIC Sumitomo Electric*
- *Optical light source JDSU type-OLS-35*
- *Optical power meter JDSU type-OLP-35*
- *Fiber cleaver*
- *Fiber stripper*
- Tisu
- Penggaris
- Jangka sorong



**Gambar 3.3** (a) Serat optik *singlemode SMF-28 step index core* 8.2  $\mu\text{m}$  (b) Serat optik *multimode graded-index Thorlabs type-GIF core* 62.5 $\mu\text{m}$  (c) *Fusion Splicer* (d) *Fiber cleaver* (e) *Fiber stripper* (f) *Optical light source JDSU type-OLS-35* (g) *Optical power meter JDSU type-OLP-35*

### 3.3.2. Penyambungan Serat Optik SMS

Pembuatan serat optik SMS yaitu dengan menyambung dua serat optik *singlemode* dan serat optik *multimode graded index* secara axial. Pada tahap ini dilakukan pemotongan serat optik *multimode graded index* sesuai dengan panjang yang telah ditentukan pada tahap perancangan. Pada bagian jaket dan *cladding* serat optik *singlemode* dan *multimode graded index* dikelupas menggunakan *fiber stripper* sehingga tinggal bagian *core*. Kemudian bekas pengelupasan tersebut dibersihkan menggunakan alkohol 96%. Setelah dibersihkan dengan alkohol, masing-masing ujung serat optik dipotong menggunakan *fiber cleaver* dengan skala mm. Penyambungan serat optik *multimode graded index* dengan serat optik *singlemode* menggunakan *fussion splicer*. Kedua ujung serat optik *multimode graded index* masing-masing disambung dengan serat optik *singlemode*. Berikut merupakan skema hasil penyambungan serat optik SMS.



**Gambar 3.4** Skema serat optik SMS

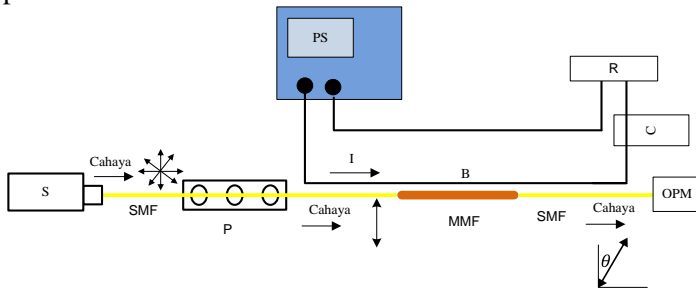
### 3.3.3. Set-up Eksperimen

Pada tahap eksperimen ini, sumber cahaya laser 1550 nm yang merambat pada serat optik SMS akan mengalami perubahan intensitas yang terbaca pada *optical power meter* sebagai *loss* daya keluaran. Perubahan *loss* daya keluaran disebabkan adanya pengaruh arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar listrik disekitar serat optik SMS. Medan magnet yang ditimbulkan arus listrik tersebut mempengaruhi arah sudut polarisasi dari cahaya yang melewati serat optik SMS. Sesuai dengan percobaan Faraday bahwa perubahan arah sudut polarisasi cahaya dipengaruhi oleh medan magnet, konstanta verdet dari bahan

dan panjang benda tersebut. Dalam melakukan eksperimen, peralatan yang dibutuhkan antara lain:

- Power supply DC
- Kabel penghantar arus
- Termometer infrared
- *Clamp meter*
- Serat Optik SMS
- *Optical light source* JDSU type-OLS-35
- *Optical power meter* JDSU type-OLP-35
- Polarisator FCP030
- Beban penghantar (Resistor)

Berikut merupakan *set-up* eksperimen dalam penelitian ini.



**Gambar 3.5** *Set-up* eksperimen untuk pengujian serat optik SMS

Keterangan

1. S : Sumber cahaya 1550 nm
2. SMF : Serat optik *singlemode*
3. MMF: Serat optik *multimode graded index*
4. P : Polarisator FCP030
5. OPM : *Optical power meter*
6. PS : *Power supply*
7. R : Resistor
8. C : *Clamp meter*

Dalam *set-up* eksperimen tersebut, cahaya laser 1550 nm akan merambat sepanjang serat optik SMS. Serat optik SMS diletakkan pada kawat penghantar arus listrik *power supply*. Cahaya yang merambat pada serat optik *singlemode* merupakan cahaya yang belum terpolarisasi linier, sedangkan sesuai percobaan efek Faraday cahaya yang melewati benda transparan ketika didekatkan medan magnet adalah cahaya terpolarisasi linier. Sehingga sebelum melewati serat optik *multimode graded index*, cahaya akan dilewatkan polarisator fiber. Polariser berfungsi untuk menjadikan cahaya terpolarisasi linier. Pada penelitian ini juga digunakan *clamp meter* yang berfungsi untuk memvalidasi arus yang mengalir sepanjang kabel penghantar arus. Arus searah yang mengalir didapatkan karena adanya beban penghantar. Penggunaan beban penghantar disesuaikan dengan nilai arus yang diinginkan. Daya keluaran dari serat optik SMS akibat pengaruh arus listrik akan dideteksi oleh *optical power meter*.

Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan polarisator fiber FCP030 yang mempunyai *3-paddle*. Penggunaan *3-paddle* pada eksperimen ini disesuaikan dengan panjang gelombang yang digunakan yaitu 1550 nm. Berikut merupakan gambar dari polarisator yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.



**Gambar 3.6** *3-paddle fiber polarization controllers*[12]

*3-paddle fiber polarization controllers* merupakan kombinasi dari *quarter-wave plate*, *half-wave plate*, dan *quarter-wave plate* yang berfungsi untuk mengubah posisi polarisasi ke arah posisi polarisasi lainnya. *Quarter-wave*



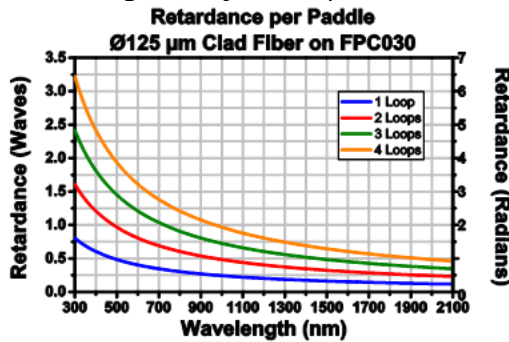
*plate* yang pertama berfungsi untuk mengubah input cahaya yang tidak terpolarisasi linier menjadi cahaya terpolarisasi linier. *Half-wave plate* berfungsi untuk merotasikan posisi polarisasi linier dan *quarter-wave plate* yang terakhir akan mengubah cahaya terpolarisasi linier menjadi cahaya yang tidak terpolarisasi. Untuk mengubah cahaya tak terpolarisasi menjadi terpolarisasi linier maupun sebaliknya, maka setiap *paddle* harus diubah besar sudutnya dengan menggunakan persamaan dibawah ini[12]

$$\varphi = \frac{2\pi^2 a N d^2}{\lambda D} \text{ rad} \quad (3.1)$$

$$\varphi = \frac{\pi a N d^2}{\lambda D} \text{ derajat} \quad (3.2)$$

dimana  $\varphi$  besar sudut *paddle*,  $a$  adalah konstanta (0.133 untuk serat optik silika),  $N$  jumlah loop,  $d$  adalah diameter cladding serat optik,  $\lambda$  panjang gelombang cahaya dan  $D$  adalah diameter loop *paddle*. FCP030 mempunyai diameter loop *paddle* Ø27 mm.

Penentuan besar sudut dari setiap *paddle* dapat dilihat dengan menggunakan plot antara panjang gelombang dan besar sudut *paddle*. Berikut merupakan gambar penentuan besar sudut *paddle* untuk diameter loop Ø27 mm dan diameter cladding serat optik 125  $\mu\text{m}$ .



Gambar 3.7 Plot panjang gelombang dan besar sudut setiap *paddle* [12]

Penentuan jumlah loop setiap *padde* sesuai dengan panjang gelombang cahaya, diameter loop serta jenis serat optik yang digunakan. Berikut dasar penentuan jumlah loop setiap *paddle*.

**Tabel 3.2** Penentuan jumlah loop dari setiap *paddle* pada *quarter-wave retardation* [12]

Wave-length (nm)	Number of Loops			Recommended Fiber
	Ø18 mm	Ø27 mm	Ø56 mm	
480	3 loop	N/A	3 loop	460HP, SM450
630	3 loop	2 loop	4 loop	630HP, SM600, S630-HP
850	3 loop	6 loop	2 loop	780HP, SM800-5.6-125
980	2 loop	3 loop	2 loop	980HP, HI1060-J9, 1060XP
1060	2 loop	3 loop	2 loop	980HP, HI1060-J9, 1060XP
1310/1550	3 loop	4 loop	3 loop	CCC1310-J9, SMF-28-J9 <sup>a</sup> , 1310BHP

**Tabel 3.3** Penentuan jumlah loop dari setiap *paddle* pada *half-wave retardation* [12]

Wave-length (nm)	Number of Loops			Recommended Fiber
	Ø18 mm	Ø27 mm	Ø56 mm	
480	2 loop	3 loop	2 loop	460HP, SM450
630	1 loop	4 loop	3 loop	630HP, SM600, S630-HP
850	1 loop	2 loop	4 loop	780HP, SM800-5.6-125

980	4 loop	2 loop	4 loop	980HP, HI1060-J9, 1060XP
1060	3 loop	2 loop	5 loop	980HP, HI1060-J9, 1060XP
1310/1550	2 loop	3 loop	6 loop	CCC1310-J9, SMF-28-J9 <sup>a</sup> , 1310BHP

### 3.3.4. Pengujian Serat Optik SMS akibat Pengaruh Medan Magnet

Dalam uji pengaruh arus listrik terhadap *loss* daya keluaran serat optik SMS digunakan rentang arus 0-15 A dengan interval 1 A. Laser yang digunakan adalah 1550 nm dengan daya input -7 dBm. Panjang serat optik *multimode graded index* pada serat optik SMS yang digunakan adalah 6 cm, 11,88 cm dan 17,82 cm. Setiap konfigurasi panjang tersebut dikenai arus listrik dan dicatat daya keluaran yang terbaca oleh *optical power meter*. Pengujian serat optik SMS akibat pengaruh arus dilakukan 3 konfigurasi panjang dengan variasi jarak serat optik SMS terhadap kawat penghantar arus. Setiap panjang diuji dengan 3 variasi jarak yaitu serat optik ditempel pada kawat penghantar yang teraliri arus, jarak 1 cm dan 2 cm dari kawat penghantar arus tersebut. Pengambilan data daya keluaran dilakukan 1 menit setiap kenaikan arus 1 A.

### 3.4. Analisa Data dan Pembahasan

Analisa data dilakukan setelah mengetahui hasil *loss* daya keluaran serat optik SMS akibat pengaruh arus listrik searah secara perhitungan maupun eksperimen. Kedua hasil tersebut akan dibandingkan. Dalam analisa data hasil penelitian ini akan diketahui perubahan daya keluaran serat optik SMS akibat pengaruh arus listrik.

### **3.5. Penarikan Kesimpulan**

Penarikan kesimpulan dilakukan apabila telah memperoleh data-data selama penelitian dan pembahasan tentang penyebab ketidaksesuaian teori dan eksperimen. Penarikan kesimpulan disesuaikan dengan tujuan yang telah diajukan pada penelitian tugas akhir ini.

### **3.6. Penyusunan Laporan**

Penyusunan laporan merupakan tahap akhir dari tugas akhir ini. Laporan akhir adalah bentuk pertanggungjawaban dari berbagai kegiatan yang telah dilakukan selama proses penelitian berlangsung. Setelah itu, hasilnya akan disampaikan secara tulisan dan lisan.

**Halaman ini memang dikosongkan**

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil dari penelitian yang telah dilakukan yaitu menganalisa pengaruh arus listrik terhadap penjalaran cahaya dalam serat optik SMS. Berdasarkan pengujian dan analisa yang dilakukan dapat diketahui hubungan arus listrik DC dan daya keluaran dari serat optik SMS.

#### **4.1. Hasil dan Analisa secara Teori (Perhitungan)**

Analisa secara teori dilakukan untuk mengetahui hubungan arus listrik terhadap daya keluaran serat optik SMS melakukan sebuah eksperimen. Pada perhitungan secara teori berdasarkan persamaan bab II akan dijelaskan hubungan panjang serat optik *multimode* pada serat optik SMS dengan *loss* daya keluaran serat optik SMS. Selain itu, pada hasil teori akan didapatkan hubungan arus, medan magnet, perubahan sudut polarisasi cahaya dan *loss* daya keluaran dari serat optik SMS.

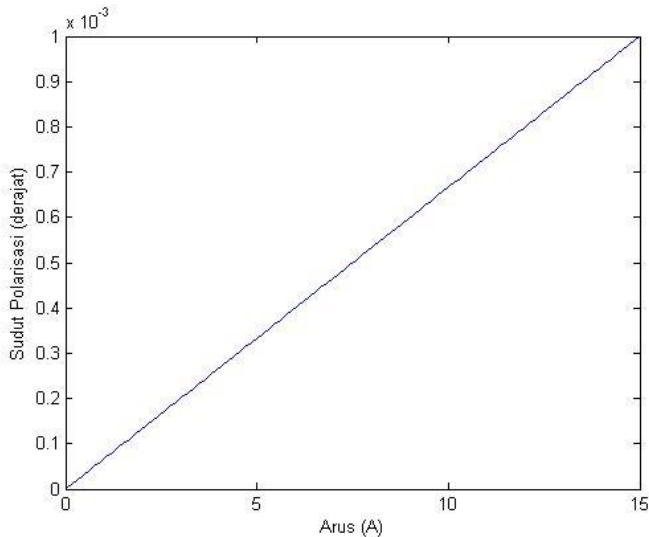
Tahap awal analisa secara teori dilakukan perhitungan pengaruh medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik 0-15 A terhadap nilai perubahan sudut polarisasi cahaya yang melewati serat optik. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan (2.1), (2.14) dan (2.15). Sesuai dengan teori, besar medan magnet sebanding dengan besar kuat arus yang mengalir pada kawat penghantar. Berdasarkan persamaan (2.15) dapat diketahui perubahan sudut polarisasi cahaya pada tabel berikut ini dengan  $\mu_0$  sebesar  $4\pi \cdot 10^{-7}$  wb/A.m, panjang lintasan 1 m dan jarak terhadap kawat penghantar arus 0,01 m. Hubungan antara arus dan perubahan sudut polarisasi cahaya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

**Tabel 4.1** Perhitungan hubungan arus, medan magnet dan rotasi sudut polarisasi

Arus (A)	Medan Magnet (T)	sudut polarisasi ( $\theta$ ) (rad)	sudut polarisasi ( $\theta$ ) (derajat)
0	0	0	0
1	20	$1,065.10^{-9}$	$6,104.10^{-8}$
2	40	$2,129.10^{-9}$	$1,221.10^{-8}$
3	60	$3,195.10^{-9}$	$1,831.10^{-7}$
4	80	$4,259.10^{-9}$	$2,442.10^{-7}$
5	100	$5,324.10^{-9}$	$3,052.10^{-7}$
6	120	$6,389.10^{-9}$	$3,663.10^{-7}$
7	140	$7,454.10^{-9}$	$4,273.10^{-7}$
8	160	$8,519.10^{-9}$	$4,883.10^{-7}$
9	180	$9,584.10^{-9}$	$5,494.10^{-7}$
10	200	$1,065.10^{-8}$	$6,104.10^{-7}$
11	220	$1,171.10^{-8}$	$6,714.10^{-7}$
12	240	$1,278.10^{-8}$	$7,324.10^{-7}$
13	260	$1,384.10^{-8}$	$7,935.10^{-7}$
14	280	$1,491.10^{-8}$	$8,545.10^{-7}$
15	300	$1,597.10^{-8}$	$9,156.10^{-7}$

Pada hasil perhitungan dengan arus listrik DC 0-15 A didapatkan bahwa kuat arus listrik dan kuat medan magnet berbanding lurus. Sedangkan sudut rotasi polarisasi cahaya juga berbanding lurus dengan arus dan medan magnet. Hasil perhitungan menunjukkan setiap perubahan arus yang semakin besar sampai 15 A dan medan magnet juga semakin besar, perubahan sudut polarisasi cahaya sangat kecil yaitu sebesar  $1,064.10^{-9}$  radian. Hal tersebut berarti kuat arus dan medan magnet yang besar hanya akan mengubah sedikit sudut polarisasi cahaya. Apabila dilihat dari grafik hubungan arus dan

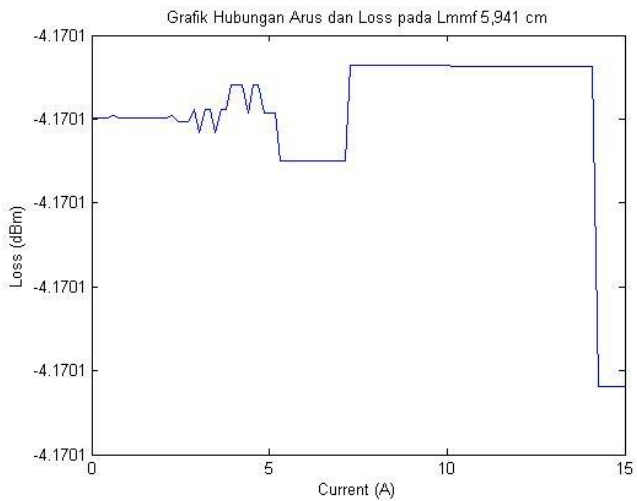
perubahan sudut polarisasi cahaya didapatkan hubungan berbanding lurus seperti pada gambar 4.1 dibawah ini.



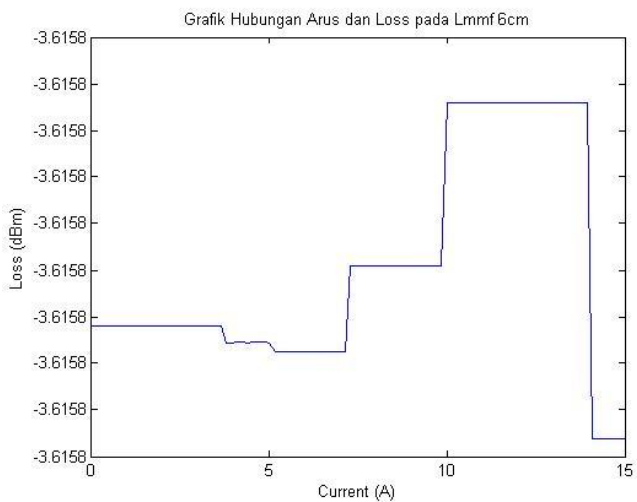
**Gambar 3.1** Hubungan kuat arus dan rotasi sudut polarisasi cahaya

Perhitungan juga dilakukan pada hubungan panjang serat optik *multimode* (Lmmf) pada serat optik SMS terhadap *loss* daya keluaran serat optik SMS. Berdasarkan hasil perhitungan melalui persamaan (2.6), (2.7), (2.8), (2.9), (2.10), (2.11) dan (2.12) didapatkan jarak titik *reimaging* atau titik keberulangan daya maksimum serat optik SMS sebesar 594,1040  $\mu\text{m}$ . Jarak *reimaging* diketahui untuk menentukan panjang serat optik *multimode graded index* yang digunakan untuk pembuatan serat optik SMS. Berdasarkan hasil perhitungan, panjang serat optik *multimode* (Lmmf) pada serat optik SMS yang digunakan dalam pengujian adalah 6 cm, 11,88 cm dan 17,82 cm. Berikut merupakan hasil perhitungan pengaruh arus listrik daya keluaran serat optik SMS.

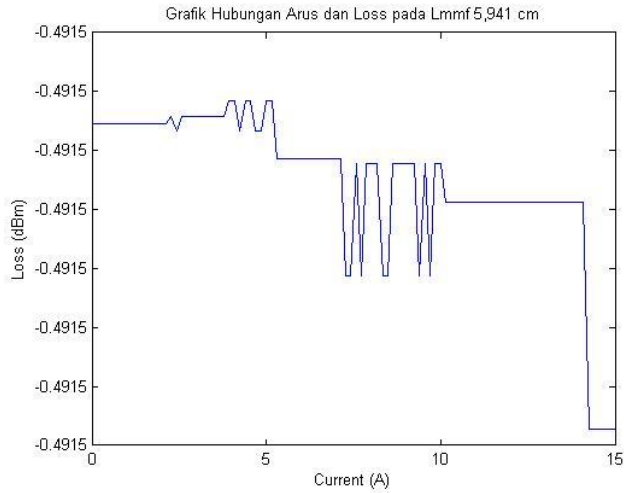




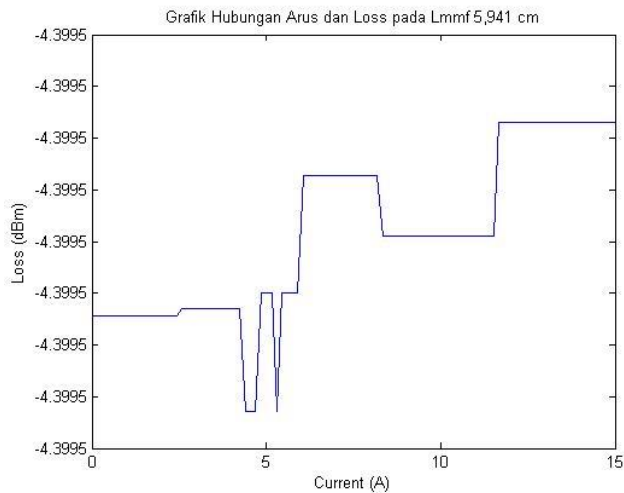
(a)



(b)



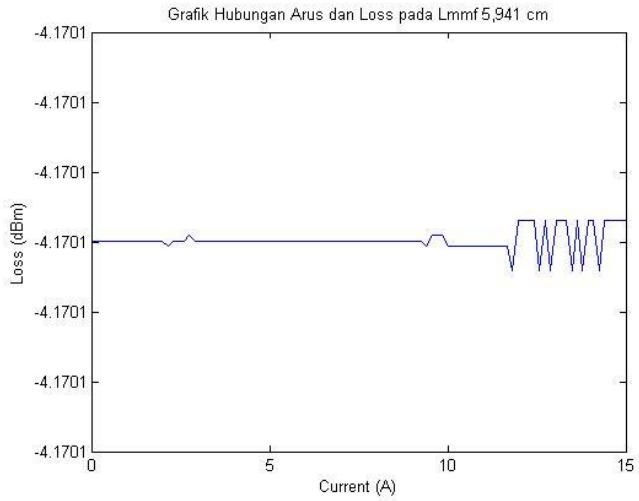
(c)



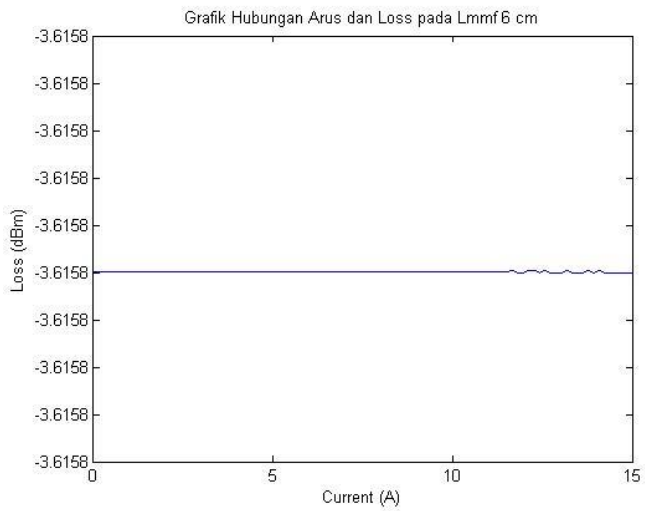
(d)

**Gambar 4.2** Hubungan arus dan *loss* daya keluaran serat optik SMS (a) pada Lmmf 5,941 cm, (b) pada Lmmf 6 cm, (c) pada Lmmf 11,88 cm, (d) pada Lmmf 17,82 cm.

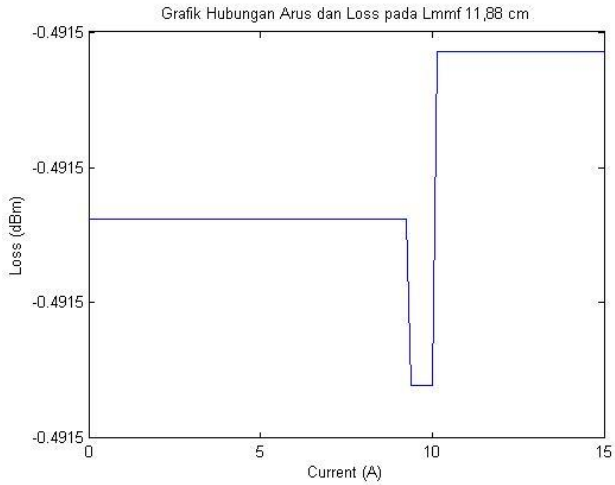
Pada hasil perhitungan dengan menggunakan matlab didapatkan bahwa *V-number* dari masing-masing serat optik *singlemode* dan *multimode graded index* sebesar 2,1611 dan 30,5079. Dari diketahuinya *V-number* tersebut maka jumlah moda dalam serat optik *singlemode* adalah sebanyak 1,89 dan pada serat optik *multimode graded index* sebanyak 232. Penjalaran moda pada serat optik akan dipandu sepanjang *core*. Dari gambar 4.2 dapat dilihat hubungan antara besar kuat arus dan *loss* daya keluaran serat optik SMS. Hasil plot grafik menunjukkan bahwa semua variasi panjang dengan konfigurasi serat optik SMS diletakkan sejauh 0,06 cm pada kawat penghantar didapatkan setiap kenaikan arus bertambah semakin besar maka perubahan *loss* daya keluaran dari serat optik sangat kecil. Pada panjang serat optik *multimode graded index* 5,941 cm menunjukkan *tren loss* daya keluaran akibat pengaruh arus listrik akan semakin naik setiap penambahan arus. Hal ini berarti semakin besar arus maka *loss* daya keluaran serat optik SMS juga akan semakin besar meskipun dengan perubahan kenaikan yang sangat kecil yaitu hampir 0,00001 dBm. Hal tersebut juga terjadi pada panjang 6 cm, 11,88 cm dan 17,82 cm. Sesuai dengan perhitungan, arus listrik tidak mempengaruhi konstanta propagasi. Arus listrik berpengaruh terhadap perubahan sudut polarisasi cahaya yang merambat pada serat optik SMS. Daya keluaran serat optik SMS dipengaruhi oleh perubahan sudut polarisasi cahaya akibat arus listrik.



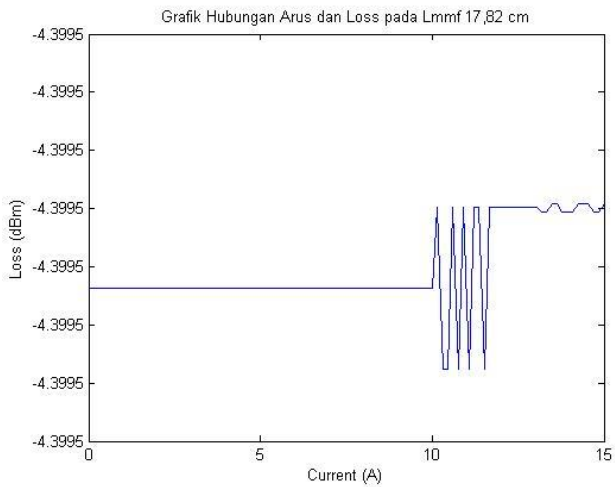
(a)



(b)



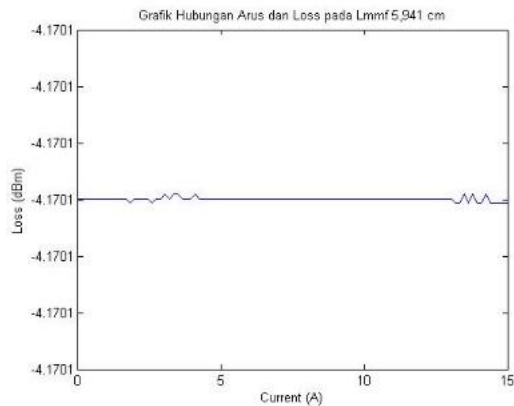
(c)



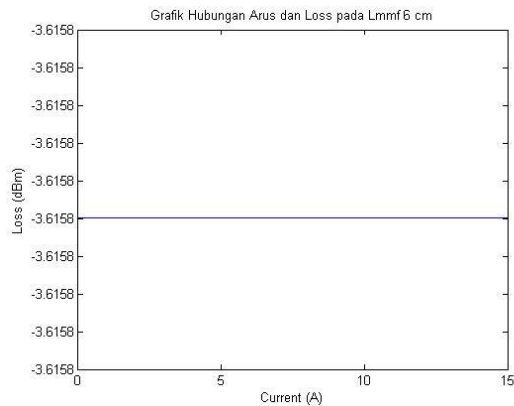
(d)

**Gambar 4.3** Hubungan arus dan *loss* daya keluaran serat optik SMS ketika didekatkan kawat penghantar sejauh 1 cm  
 (a) pada Lmmf 5,941 cm, (b) pada Lmmf 6 cm, (c) pada Lmmf 11,88 cm, (d) pada Lmmf 17,82 cm.

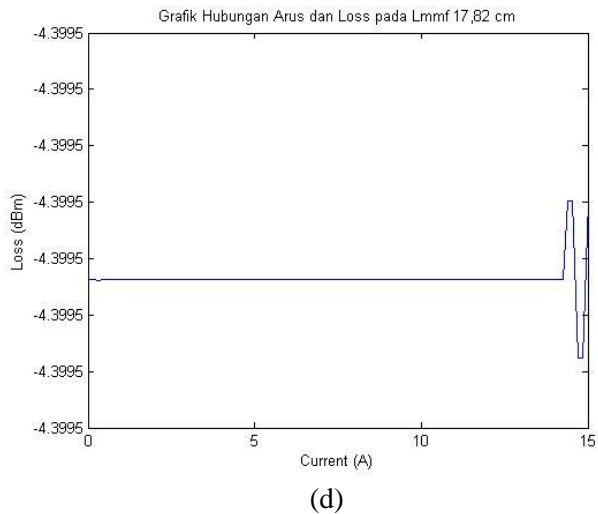
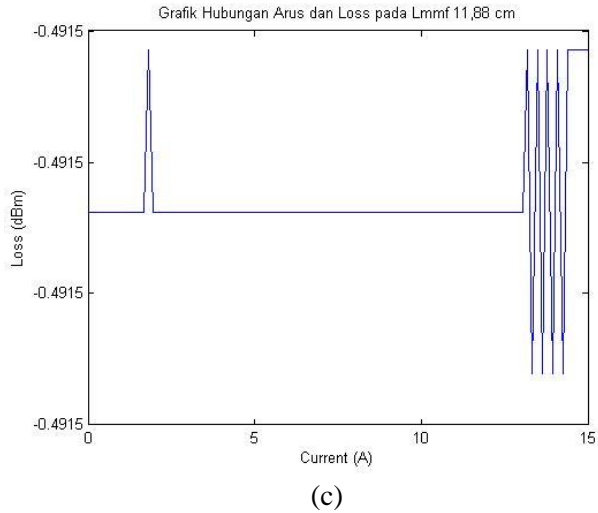
Dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa *loss* daya keluaran serat optik SMS yang telah dipengaruhi arus listrik akan semakin kecil ketika jarak serat optik terhadap kawat penghantar semakin jauh. Hasil plot grafik pada semua variasi panjang dengan konfigurasi serat optik SMS didekatkan sejauh 1 cm dari kawat penghantar didapatkan bahwa *loss* daya keluaran dari serat optik lebih kecil dibandingkan dengan *loss* pada panjang yang sama ketika serat optik SMS didekatkan pada jarak 0,06 cm dari kawat penghantar arus.



(a)

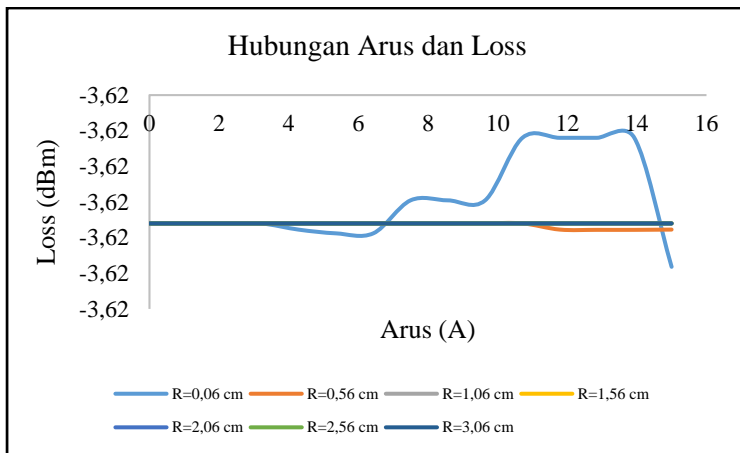


(b)



**Gambar 4.4** Hubungan arus dan *loss* daya keluaran serat optik SMS ketika didekatkan kawat penghantar sejauh 2 cm  
 (a) pada Lmmf 5,941 cm, (b) pada Lmmf 6 cm, (c) pada Lmmf 11,88 cm, (d) pada Lmmf 17,82 cm.

Hasil plot grafik antara arus dan *loss* daya keluaran serat optik SMS yang telah dipengaruhi arus pada semua variasi panjang dengan konfigurasi serat optik SMS didekatkan sejauh 2 cm dari kawat penghantar didapatkan bahwa *loss* daya keluaran dari serat optik lebih kecil dibandingkan dengan *loss* pada panjang yang sama ketika serat optik SMS didekatkan pada jarak 0,06 cm maupun 1 cm.



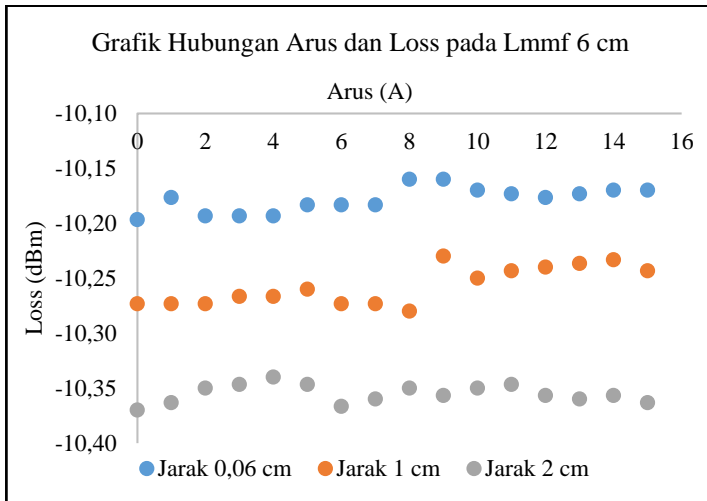
**Gambar 4.5** Hubungan arus dan *loss* daya keluaran dengan variasi jarak serat optik SMS terhadap kawat penghantar

Hasil perhitungan didapatkan bahwa ketika serat optik dijauhkan semakin dijauhkan dari kawat penghantar maka perubahan *loss* daya keluaran serat optik konstan akan mendekati konstan. Sedangkan ketika dijauhkan 3 cm dari kawat penghantar didapatkan hasil *loss* daya keluaran yang konstan. Hal ini disebabkan karena semakin jauh jarak serat optik maka pengaruh arus listrik yang mempengaruhi penjalaran cahaya akan semakin kecil sehingga *loss* daya keluaran yang dihasilkan akan semakin kecil juga.

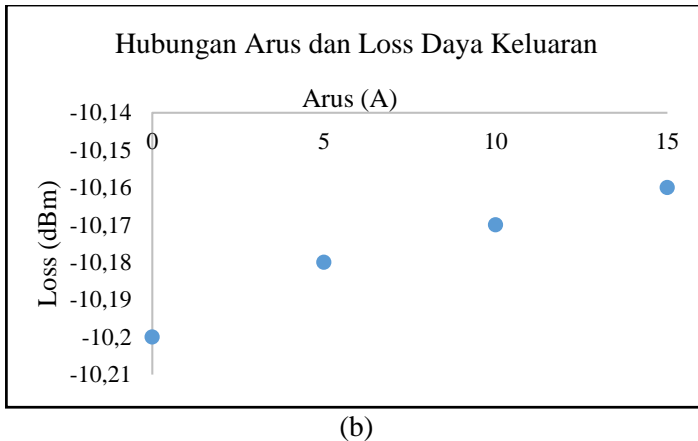


#### 4.2. Hasil Pengujian Serat Optik SMS akibat Pengaruh Arus Listrik

Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan serat optik SMS terhadap kawat penghantar arus pada jarak tertentu. Kawat penghantar berarus listrik akan menimbulkan medan magnet disekitar kawat. Kuat medan magnet tersebut akan mempengaruhi perubahan sudut polarisasi cahaya ketika melewati bahan transparan. Pengujian serat optik SMS secara eksperimen dilakukan dengan menggunakan konfigurasi panjang serat optik *multimode graded index* 6 cm, 11,88 cm dan 17,82 cm yang masing-masing divariasikan jarak serat optik SMS terhadap kawat penghantar sejauh 0,06 cm, 1 cm dan 2 cm. Pengujian ini dilakukan pengambilan data *loss* daya keluaran serat optik pada rentang arus 0-15 A dengan interval 1 A setiap 1 menit. Berikut hasil eksperimen pada masing-masing panjang.

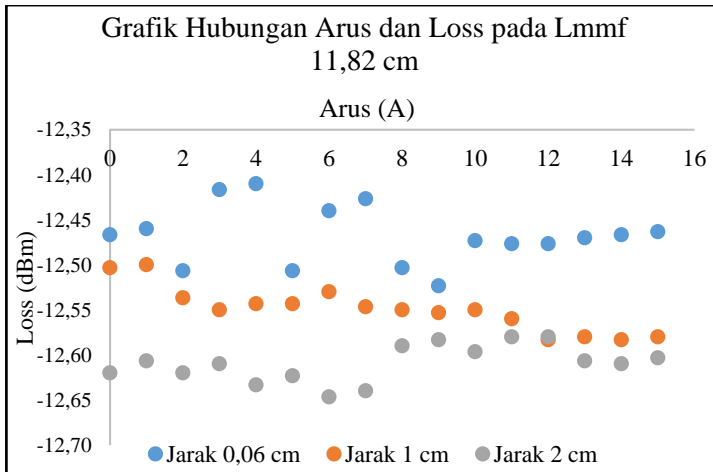


(a)



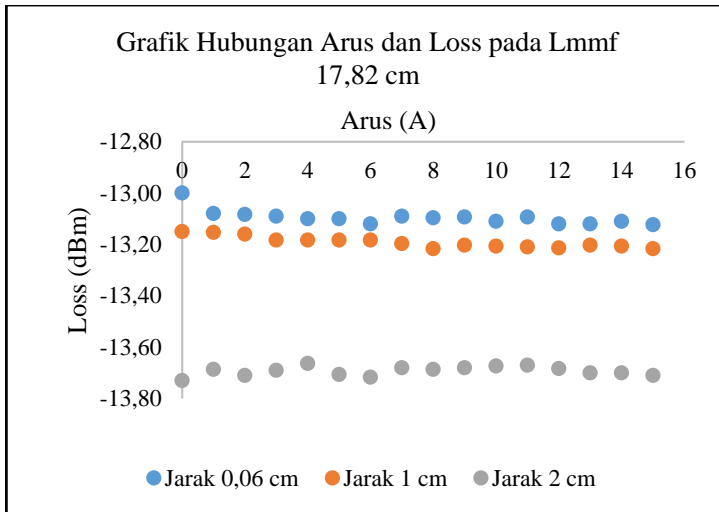
**Gambar 4.6** Hubungan arus dan *loss* daya keluaran serat optik SMS (a) pada panjang serat optik *multimode graded index* 6 cm (b) sebelum dan sesudah dipengaruhi arus listrik

Gambar 4.6 menunjukkan pengujian serat optik SMS pada panjang serat optik *multimode graded index* 6 cm dengan variasi jarak 0,06 cm, 1 cm dan 2 cm. Hasil pengujian didapatkan bahwa perubahan *loss* daya setiap kenaikan arus sampai 15 A sebesar 0,01 dBm. *Tren loss* daya keluaran serat optik SMS akibat pengaruh arus listrik yang dihasilkan sama dengan *tren loss* daya keluaran sesuai perhitungan. Akan tetapi perubahan *loss* daya setiap kenaikan arus pada teori sebesar 0,00001 dBm sedangkan pada eksperimen rata-rata perubahan *loss* sebesar 0,01 dBm. Perbedaan tersebut dikarenakan alat pembaca daya keluaran serat optik tidak mampu membaca dalam orde yang sangat kecil. Hasil plot grafik diatas menunjukkan apabila arus semakin besar maka *loss* daya semakin besar meskipun sangat kecil. Pada variasi jarak, sesuai dengan hasil perhitungan bahwa semakin jauh serat optik SMS terhadap medan magnet semakin kecil *loss* daya yang dihasilkan.



**Gambar 4.7** Hubungan arus dan *loss* daya keluaran serat optik SMS pada panjang serat optik *multimode graded index* 11,88 cm

Gambar 4.7 merupakan pengujian serat optik SMS pada panjang serat optik *multimode graded index* 11,88 cm dengan variasi jarak 0,06 cm, 1 cm dan 2 cm. *Tren loss* daya keluaran serat optik SMS akibat pengaruh arus listrik yang dihasilkan sama dengan *tren loss* daya keluaran sesuai teori. Ketika semakin jauh serat optik terhadap kawat penghantar arus menunjukkan bahwa medan magnet yang mempengaruhi penjalaran cahaya dalam serat optik semakin kecil. Sehingga didapatkan *loss* daya keluaran serat optik yang semakin kecil. Error pengukuran rata-rata pada pengujian masing-masing variasi jarak serat optik SMS terhadap kawat penghantar arus adalah sebesar 0.010, 0.059 dan 0.006.



**Gambar 4.8** Hubungan arus dan *loss* daya keluaran serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode graded index* 17,82 cm

Gambar 4.8 merupakan pengujian serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode graded index* 17,82 cm dengan variasi jarak 0,06 cm, 1 cm dan 2 cm. *Tren loss* daya keluaran serat optik SMS akibat pengaruh arus listrik yang dihasilkan sama dengan *tren loss* daya keluaran sesuai teori. Akan tetapi perubahan *loss* daya setiap kenaikan arus pada teori sebesar 0,00001 dBm sedangkan pada eksperimen sebesar 0,01 dBm.

*Loss* daya keluaran serat optik SMS akibat pengaruh arus listrik juga tergantung dari jarak peletakkan serat optik SMS terhadap kawat penghantar listrik. Semakin jauh jarak peletakkan serat optik SMS terhadap kawat penghantar listrik maka *loss* daya keluaran serat optik akan semakin kecil. *Loss* daya keluaran serat optik SMS yang semakin kecil disebabkan oleh kecilnya nilai arus listrik dan medan magnet yang mempengaruhi penjalaran cahaya dalam serat optik.

Perubahan *loss* daya keluaran serat optik SMS akibat pengaruh arus, dilihat secara perhitungan maupun eksperimen sangat kecil. Pada hasil perhitungan didapatkan perubahan *loss* daya keluaran serat optik yang kecil dikarenakan semakin besarnya arus yang sebanding dengan medan magnet tidak mempengaruhi konstanta propagasi penjalaran cahaya pada serat optik SMS. Sesuai dengan perhitungan yang tercantum pada lampiran F dapat diketahui bahwa besar konstanta propagasi ( $\beta$ ) tidak berubah ketika serat optik dipengaruhi arus listrik. Besarnya medan magnet yang ditimbulkan arus listrik mempengaruhi perubahan sudut polarisasi cahaya yang melewati serat optik SMS. Pada serat optik SMS yang menggunakan serat optik *multimode graded indeks* maka moda yang menjalar akan tetap terpandu meskipun adanya pengaruh arus listrik sehingga *loss* yang dihasilkan kecil setiap kenaikan arus yang semakin besar.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan permasalahan dan tujuan dari tugas akhir ini maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh arus listrik terhadap daya keluaran serat optik *singlemode-multimode graded index-singlemode* (SMS) sangat kecil. Dari hasil perhitungan diperoleh perubahan daya keluaran serat optik SMS akibat pengaruh arus listrik sebesar 0.00001 dBm untuk setiap kenaikan 1 A, sedangkan dari eksperimen diperoleh perubahan daya keluaran serat optik SMS sebesar 0.01 dBm untuk setiap kenaikan arus 1 A. Perbedaan tersebut disebabkan oleh alat pengukur daya keluaran tidak mampu membaca perubahan daya pada orde yang sangat kecil.

#### **5.2. Saran**

Pada penelitian tugas akhir ini terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dan diperbaiki untuk pengembangan penelitian berikutnya. Saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut:

- Penggunaan arus DC dengan *range* tinggi harus mengetahui dan memperhitungkan beban penghantar aus yang akan digunakan.
- Pemotongan serat optik baik *singlemode* ataupun *multimode* menggunakan skala mikro agar hasil pemotongan lebih presisi.

**Halaman ini memang dikosongkan**

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Suryawan, D. W., Sudjadi, & Karnoto. (2012). Rancang Bangun Sistem Monitoring Tegangan, Arus dan Temperatur pada Sistem Pencatu Daya Listrik di Teknik Elektro Berbasis Mikrokontroler Atmega 128. 1-7.
- [2]. Z.P Wang, S. Z. (1995). Recent advances in optical current-sensing techniques. Department of Physics, Harbin Engineering University, Harbin 15001, China.
- [3]. Abdul Hamid, A. B. (1999). Serat Optis Sebagai Transduser Arus Listrik. Jurnal Fisika Indonesia.
- [4]. Aerssens, M. d. (2011). Faraday Effect Based Optical Fiber Current Sensor for Tokamaks. IEEE.
- [5]. Li, Lin.,Chen, Yaofei dkk. (2014). An All-Fiber Optic Current Sensor Based on Ferrofluids and Multimode Interference.IEEE.
- [6]. Purnomo, Sidik.(2009).Medan Magnet di Sekitar Penghantar Berarus Listrik.
- [7]. Sumantri, Utomo Setio A.B dkk.(2006).Pengaruh Konsentrasi Larutan terhadap Nilai Tetapan Verdet dengan Metode Pengukuran Intensitas Cahaya (Rotasi Faraday).Jurusan Fisika FMIPA UGM.
- [8]. Fundamental of Optical Fiber Transmission.Laboratory of Laser Molecular Spectroscopy, 93-590 Lozd, Wroblewskiego 15 str,Poland.
- [9]. Bahtiar,Ayi.(2008).Rekayasa Optik.Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.Universitas Padjadjaran Bandung
- [10].Kumar, Arus., Varshney, Ravi K dkk. (2003). Transmission Characteristics of SMS fiber optic sensor structures.ELSEVIER
- [11].Li Lin, Han Qun, Chen Yaofei, Lie Tiegen, Zhang Rongxiang.(2014).An All Fiber Optic Current Sensor



- Based on Ferrofluids and Multimode Interference. IEEE Sensors Journal
- [12].Manual Fiber Polarization Controllers. User Guide.(2014).Thorlabs.
  - [13].Abdul Samee Khan, P. d. (2012). Wavelength Variation Approach in Single Mode-Multimode-Single Mode Optical. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Electronics Engineering (IJARCSEE).
  - [14].Johnson, M. (2009). Optical fibres,cable and systems. ITU Telecommunication Standardization Sector.
  - [15].Pedrotti, F. (1993). Introduction to Optics. Inc New Jersey.
  - [16].Respita Sulisty, K. S. (2007). Efek Magnetooptis pada Lapisan AgBr Tereksp. Laboratorium Elektronika Optik dan Laser, Jurusan Fisika UNDIP.
  - [17].Sahodo, Y. A. (2013). A Characterization Prototype Multimode Interference Device (Mmi) For Optical Power Divider. Surabaya: Sepuluh Nopember Institute Of Technology Magister Program of Optoelectronics.
  - [18].Sumantri, Utomo Setio A.B dkk.(2006).Pengaruh Konsentrasi Larutan terhadap Nilai Tetapan Verdet dengan Metode Pengukuran Intensitas Cahaya (Rotasi Faraday).Jurusan Fisika FMIPA UGM.

## LAMPIRAN A SPESIFIKASI ALAT

### A.1 3-Paddle Polarization Controllers



**Gambar 1.** *3-Paddle Polarization Controllers*

**Tabel 1.** Spesifikasi dari *3-Paddle Polarization Controllers*

Item #	FPC030	FPC031	FPC032
Paddle Material	Black Delrin		
Number of Paddles	3		
Loop Diameter	1.06" (27 mm)		
Paddle Rotation	$\pm 117.5^\circ$		
Foot Print (W x L)	1.0" x 8.5" (25.4 mm x 215.9 mm)		
Fiber	None	CCC1310-J9	
Operating Wavelength Range <sup>a</sup>	N/A	1260 - 1625 nm	
Design Wavelength <sup>b</sup>	N/A	1310 nm	
Mode Field Diameter	N/A	8.6 $\pm$ 0.4 $\mu$ m @ 1310 nm 9.7 $\pm$ 0.5 $\mu$ m @ 1550 nm	
Cladding Diameter	N/A	125 $\pm$ 0.7 $\mu$ m	
Coating Diameter	N/A	245 $\pm$ 5 $\mu$ m	
Tubing Diameter	N/A	$\varnothing$ 900 $\mu$ m Tight Buffer	
Numerical Aperture	N/A	0.14	
Loop Configuration <sup>c</sup>	N/A	2-3-2	
Connectors	N/A	FC/PC	FC/APC
Bend Loss	N/A	$\leq 0.1$ dB	

**LAMPIRAN G**  
**PERBANDINGAN DATA EKSPERIMEN**  
**MENGGUNAKAN POLARISATOR DAN TANPA**  
**POLARISATOR**

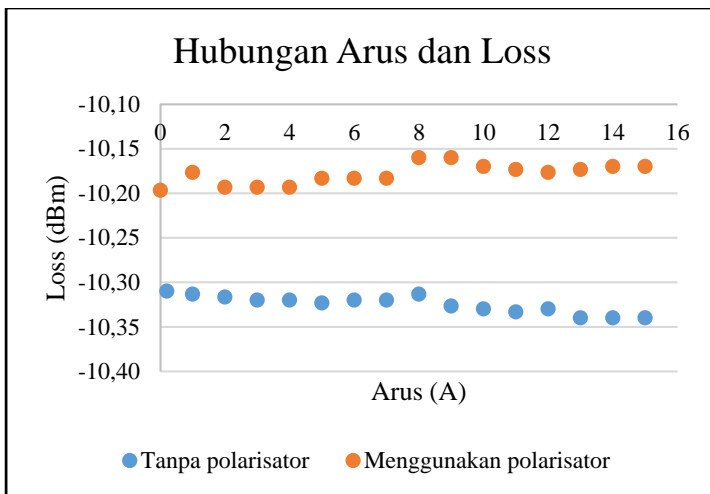
**Tabel G.1** Data eksperimen daya keluaran serat optik SMS menggunakan polarisator

Arus (A)	Pout (dBm)			P rata-rata (dBm)
0	-10,19	-10,2	-10,2	-10,20
1	-10,17	-10,18	-10,18	-10,18
2	-10,19	-10,19	-10,2	-10,19
3	-10,19	-10,19	-10,2	-10,19
4	-10,19	-10,19	-10,2	-10,19
5	-10,19	-10,18	-10,18	-10,18
6	-10,19	-10,18	-10,18	-10,18
7	-10,19	-10,18	-10,18	-10,18
8	-10,16	-10,16	-10,16	-10,16
9	-10,16	-10,16	-10,16	-10,16
10	-10,17	-10,16	-10,18	-10,17
11	-10,17	-10,18	-10,17	-10,17
12	-10,17	-10,18	-10,18	-10,18
13	-10,16	-10,18	-10,18	-10,17
14	-10,17	-10,17	-10,17	-10,17
15	-10,17	-10,17	-10,17	-10,17

**Tabel G.2** Data eksperimen daya keluaran serat optik SMS tanpa menggunakan polarisator

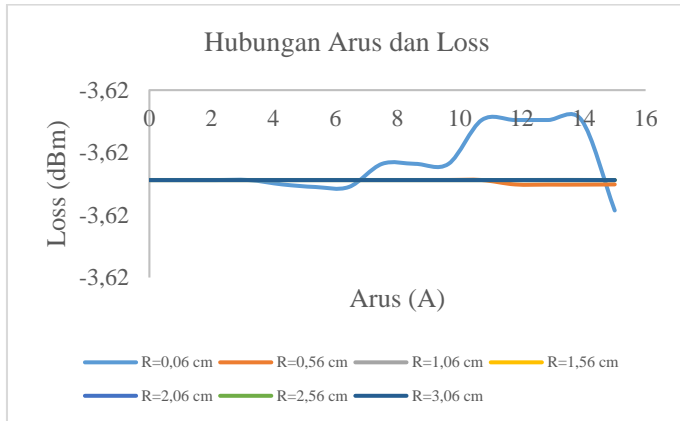
Arus (A)	P out (dBm)			P out rata-rata (dBm)
0,2	-10,31	-10,31	-10,31	-10,31
1	-10,32	-10,31	-10,31	-10,31
2	-10,31	-10,32	-10,32	-10,32
3	-10,32	-10,32	-10,32	-10,32

4	-10,32	-10,32	-10,32	-10,32
5	-10,32	-10,33	-10,32	-10,32
6	-10,32	-10,33	-10,31	-10,32
7	-10,32	-10,32	-10,32	-10,32
8	-10,31	-10,31	-10,32	-10,31
9	-10,32	-10,33	-10,33	-10,33
10	-10,33	-10,33	-10,33	-10,33
11	-10,33	-10,33	-10,34	-10,33
12	-10,33	-10,33	-10,33	-10,33
13	-10,34	-10,34	-10,34	-10,34
14	-10,34	-10,34	-10,34	-10,34
15	-10,34	-10,34	-10,34	-10,34



**Gambar G.1** Hubungan arus dan *loss* serat optik SMS akibat pengaruh medan magnet

# **LAMPIRAN F** **PERITUNGAN LOSS DAYA KELUARAN SERAT** **OPTIK AKIBAT PENGARUH MEDAN MAGNET** **DENGAN VARIASI JARAK SERAT OPTIK** **TERHADAP KAWAT PENGHANTAR ARUS**



**Gambar F.1** Hubungan antara arus dan *loss* daya keluaran serat optik SMS



**Gambar F.2** Hubungan antara jarak serat optik SMS terhadap kawat penghantar dan *loss* daya keluaran serat optik SMS

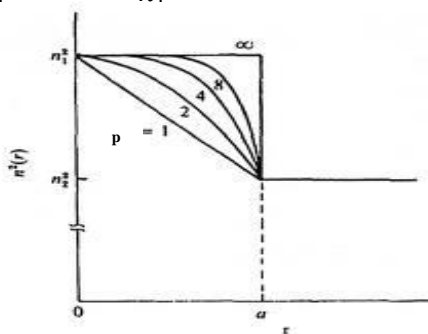
# **LAMPIRAN E** **SKEMA PENJALARAN CAHAYA PADA SERAT** **OPTIK SMS SEBELUM DAN SESUDAH** **DIPENGARUHI MEDAN MAGNET**

**Tabel E.1** Parameter serat optik *singlemode* dan *multimode*

Serat optik	Parameter					
	jari-jari core	n core	n cladding	$\Delta$	V-number	Moda
Singlemode SMF 28e	4,15	1,4504	1,4447	0,0039	2,1611	1
Multimode Graded Index	31,25	1,46	1,44	0,0136	30,5079	232
Multimode Step Index	31,25	1,4446	1,4271	0,0121	30,73	472

$$n(r) = n_1 \left[ 1 - 2 \left( \frac{r}{a} \right)^p \Delta \right]^{1/2}, \quad r \leq a$$

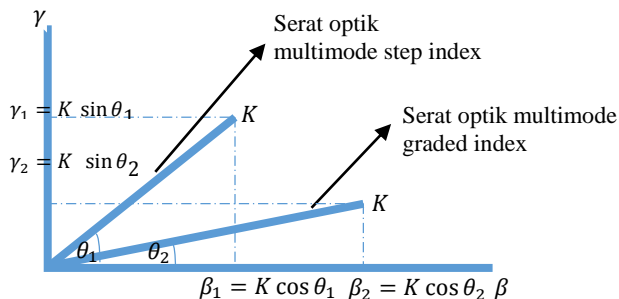
$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$



**Gambar E.1** Profil gradien index bias

**Tabel E.2** Perhitungan konstanta propagasi serat optik *multimode graded index* sebelum dan sesudah dipengaruhi arus listrik

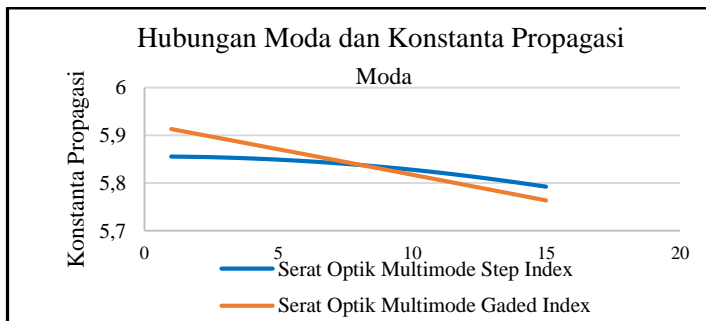
Moda ke	Konstanta propagasi serat optik <i>multimode graded index</i>	
	Sebelum dikenai Arus	Sesudah dikenai Arus
1	5,913074329	5,913074329
2	5,902498429	5,902498429
3	5,891903545	5,891903545
4	5,881289574	5,881289574
5	5,870656414	5,870656414
6	5,86000396	5,86000396
7	5,849332106	5,849332106
8	5,838640747	5,838640747
9	5,827929774	5,827929774
10	5,817199079	5,817199079
11	5,806448553	5,806448553
12	5,795678086	5,795678086
13	5,784887566	5,784887566
14	5,774076882	5,774076882
15	5,763245918	5,763245918



**Gambar E.2** Skema penjalaran cahaya

**Tabel E.3** Perhitungan konstanta propagasi serat optik *multimode graded index* dan *multimode step index*

Moda ke	Konstanta Propagasi Serat Optik Multimode	
	Step Index	Graded Index
1	5,855756835	5,913074329
2	5,855023134	5,902498429
3	5,853703188	5,891903545
4	5,851796782	5,881289574
5	5,849304032	5,870656414
6	5,846225203	5,86000396
7	5,842560756	5,849332106
8	5,838311467	5,838640747
9	5,833478608	5,827929774
10	5,828064256	5,817199079
11	5,822071852	5,806448553
12	5,815507273	5,795678086
13	5,808381219	5,784887566
14	5,800715684	5,774076882
15	5,792569468	5,763245918



**Gambar E.3** Hubungan jumlah moda dan kosntanta propagasi pada serat optik *multimode graded index* dan *multimode step index*



**LAMPIRAN D**  
**PERBANDINGAN LOSS DAYA KELUARAN SERAT**  
**OPTIK SMS DAN SERAT OPTIK *MULTIMODE***  
***GRADED INDEX* AKIBAT PENGARUH MEDAN**  
**MAGNET**  
**DATA EKSPERIMEN**

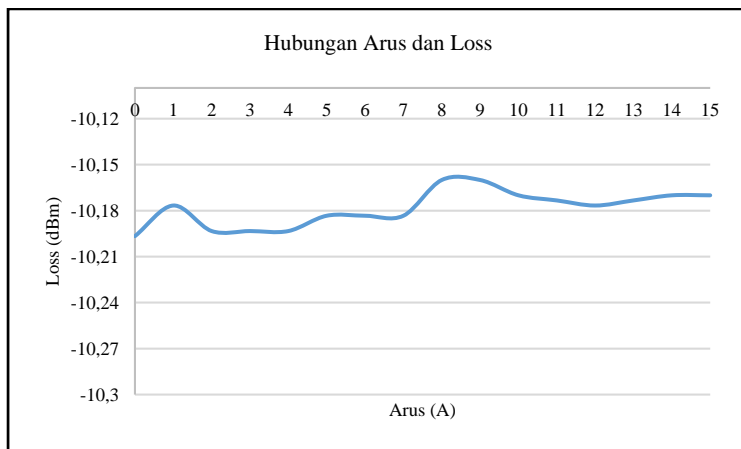
**Tabel D.1** *Loss* daya keluaran serat optik SMS

Arus (A)	Pout (dBm)			P rata-rata (dBm)
0	-10,19	-10,2	-10,2	-10,20
1	-10,17	-10,18	-10,18	-10,17
2	-10,19	-10,19	-10,2	-10,19
3	-10,19	-10,19	-10,2	-10,19
4	-10,19	-10,19	-10,2	-10,19
5	-10,19	-10,18	-10,18	-10,18
6	-10,19	-10,18	-10,18	-10,18
7	-10,19	-10,18	-10,18	-10,18
8	-10,16	-10,16	-10,16	-10,16
9	-10,16	-10,16	-10,16	-10,16
10	-10,17	-10,16	-10,18	-10,17
11	-10,17	-10,18	-10,17	-10,17
12	-10,17	-10,18	-10,18	-10,18
13	-10,16	-10,18	-10,18	-10,17
14	-10,17	-10,17	-10,17	-10,17
15	-10,17	-10,17	-10,17	-10,17

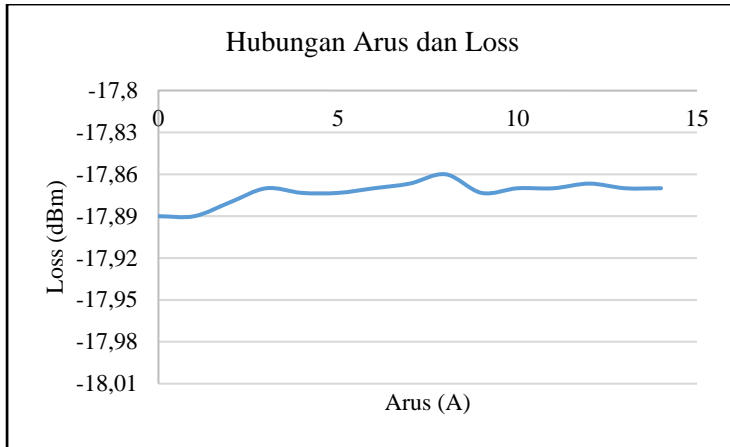
**Tabel D.2** *Loss* daya keluaran serat optik *multimode graded index*

Arus (A)	Pout (dBm)			P out rata-rata (dBm)
0	-17,89	-17,89	-17,89	-17,89
1	-17,89	-17,89	-17,89	-17,89
2	-17,88	-17,88	-17,88	-17,88

3	-17,87	-17,87	-17,87	-17,87
4	-17,87	-17,87	-17,88	-17,87
5	-17,87	-17,87	-17,88	-17,87
6	-17,87	-17,87	-17,87	-17,87
7	-17,86	-17,87	-17,87	-17,87
8	-17,86	-17,86	-17,86	-17,86
9	-17,87	-17,88	-17,87	-17,87
10	-17,87	-17,86	-17,88	-17,87
11	-17,87	-17,87	-17,87	-17,87
12	-17,87	-17,86	-17,87	-17,87
13	-17,86	-17,87	-17,88	-17,87
14	-17,86	-17,87	-17,88	-17,87
15	-17,89	-17,89	-17,89	-17,89



**Gambar D.1** Hubungan antara arus dan *loss* daya keluaran serat optik SMS



**Gambar D.2** Hubungan antara arus dan *loss* daya keluaran serat optik *multimode graded index*

Pada hasil eksperimen pengaruh medan magnet terhadap daya keluaran serat optik SMS menunjukkan bahwa pengaruh medan magnet sangat kecil yaitu 0,01 dBm setiap kenaikan arus 1 A. Hal tersebut dikarenakan arus yang mengalir pada kawat penghantar tidak terlalu berpengaruh terhadap penjalaran cahaya dalam serat optik SMS. Medan magnet hanya mempengaruhi perubahan rotasi sudut polarisasi cahaya. Rotasi sudut polarisasi cahaya yang menjalar dalam serat optik berpengaruh terhadap *loss* daya keluaran serat optik. Pada serat optik SMS dengan menggunakan serat optik *multimode graded index*, perubahan rotasi sudut polarisasi cahaya berpengaruh sangat kecil terhadap *loss* daya keluaran serat optik SMS. Hal tersebut juga terjadi ketika medan magnet mempengaruhi penjalaran cahaya pada serat optik *multimode graded index*. Pada serat optik *multimode graded index* moda dalam serat optik tersebut akan tetap terpandu walaupun terpengaruhi medan magnet dalam penjalarnya.

## LAMPIRAN C

### DATA EKSPERIMEN

**Tabel C.1** Loss daya keluaran serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode graded index* 6 cm pada jarak 0,06 cm

Arus (A)	Pout (dBm)			P rata-rata (dBm)	$\sigma$
0	-10,19	-10,2	-10,2	-10,20	0,0047
1	-10,17	-10,18	-10,18	-10,18	0,0047
2	-10,19	-10,19	-10,2	-10,19	0,0047
3	-10,19	-10,19	-10,2	-10,19	0,0047
4	-10,19	-10,19	-10,2	-10,19	0,0047
5	-10,19	-10,18	-10,18	-10,18	0,0047
6	-10,19	-10,18	-10,18	-10,18	0,0047
7	-10,19	-10,18	-10,18	-10,18	0,0047
8	-10,16	-10,16	-10,16	-10,16	0
9	-10,16	-10,16	-10,16	-10,16	0
10	-10,17	-10,16	-10,18	-10,17	0,0082
11	-10,17	-10,18	-10,17	-10,17	0,0047
12	-10,17	-10,18	-10,18	-10,18	0,0047
13	-10,16	-10,18	-10,18	-10,17	0,0094
14	-10,17	-10,17	-10,17	-10,17	0
15	-10,17	-10,17	-10,17	-10,17	0

**Tabel C.2** Loss daya keluaran serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode graded index* 6 cm pada jarak 1 cm

Arus (A)	Pout (dBm)			P rata-rata (dBm)	$\sigma$
0	-10,27	-10,28	-10,27	-10,27	0,0047
1	-10,27	-10,27	-10,28	-10,27	0,0047
2	-10,27	-10,27	-10,28	-10,27	0,0047
3	-10,26	-10,26	-10,28	-10,27	0,0094
4	-10,26	-10,26	-10,28	-10,27	0,0094
5	-10,25	-10,25	-10,28	-10,26	0,0141

6	-10,27	-10,27	-10,28	-10,27	0,0047
7	-10,27	-10,27	-10,28	-10,27	0,0047
8	-10,28	-10,28	-10,28	-10,28	0
9	-10,23	-10,23	-10,23	-10,23	0
10	-10,25	-10,25	-10,25	-10,25	0
11	-10,25	-10,24	-10,24	-10,24	0,0047
12	-10,24	-10,24	-10,24	-10,24	0
13	-10,24	-10,23	-10,24	-10,24	0,0047
14	-10,23	-10,23	-10,24	-10,23	0,0047
15	-10,25	-10,24	-10,24	-10,24	0,0047

**Tabel C.3** *Loss* daya keluaran serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode graded index* 6 cm pada jarak 2 cm

Arus (A)	Pout (dBm)			P rata-rata (dBm)	$\sigma$
0	-10,37	-10,36	-10,38	-10,37	0,008
1	-10,37	-10,36	-10,36	-10,36	0,005
2	-10,35	-10,35	-10,35	-10,35	0
3	-10,35	-10,34	-10,35	-10,35	0,005
4	-10,35	-10,33	-10,34	-10,34	0,008
5	-10,35	-10,35	-10,34	-10,35	0,005
6	-10,37	-10,37	-10,36	-10,37	0,005
7	-10,36	-10,36	-10,36	-10,36	0
8	-10,35	-10,35	-10,35	-10,35	0
9	-10,36	-10,36	-10,35	-10,36	0,005
10	-10,35	-10,35	-10,35	-10,35	0
11	-10,34	-10,35	-10,35	-10,35	0,005
12	-10,35	-10,36	-10,36	-10,36	0,005
13	-10,36	-10,36	-10,36	-10,36	0
14	-10,36	-10,36	-10,35	-10,36	0,005
15	-10,35	-10,35	-10,39	-10,36	0,019

**Tabel C.4** *Loss* daya keluaran serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode graded index* 11,88 cm pada jarak 0,06 cm

Arus (A)	Pout (dBm)			P rata-rata (dBm)	$\sigma$
0	-12,45	-12,48	-12,47	-12,47	0,012
1	-12,45	-12,46	-12,47	-12,46	0,008
2	-12,5	-12,52	-12,5	-12,51	0,009
3	-12,4	-12,43	-12,42	-12,42	0,012
4	-12,4	-12,43	-12,4	-12,41	0,014
5	-12,51	-12,5	-12,51	-12,51	0,005
6	-12,49	-12,43	-12,4	-12,44	0,037
7	-12,43	-12,44	-12,41	-12,43	0,012
8	-12,5	-12,5	-12,51	-12,50	0,005
9	-12,53	-12,52	-12,52	-12,52	0,005
10	-12,47	-12,48	-12,47	-12,47	0,005
11	-12,47	-12,48	-12,48	-12,48	0,005
12	-12,46	-12,48	-12,49	-12,48	0,012
13	-12,46	-12,48	-12,47	-12,47	0,008
14	-12,47	-12,47	-12,46	-12,47	0,005
15	-12,47	-12,46	-12,46	-12,46	0,005

**Tabel C.5** *Loss* daya keluaran serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode graded index* 11,88 cm pada jarak 1 cm

Arus (A)	Pout (dBm)			P rata-rata (dBm)	$\sigma$
0	-12,51	-12,5	-12,5	-12,50	0,005
1	-12,5	-12,5	-12,5	-12,50	0
2	-12,53	-12,53	-12,55	-12,54	0,009
3	-12,56	-12,56	-12,53	-12,55	0,014
4	-12,54	-12,55	-12,54	-12,54	0,005

5	-12,55	-12,53	-12,55	-12,54	0,009
6	-12,53	-12,54	-12,52	-12,53	0,008
7	-12,54	-12,55	-12,55	-12,55	0,005
8	-12,55	-12,55	-12,55	-12,55	0
9	-12,55	-12,56	-12,55	-12,55	0,005
10	-12,56	-12,55	-12,54	-12,55	0,008
11	-12,56	-12,57	-12,55	-12,56	0,008
12	-12,58	-12,59	-12,58	-12,58	0,005
13	-12,59	-12,57	-12,58	-12,58	0,008
14	-12,58	-12,59	-12,58	-12,58	0,005
15	-12,58	-12,58	-12,58	-12,58	0

**Tabel C.6** *Loss* daya keluaran serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode graded index* 11,88 cm pada jarak 2 cm

Arus (A)	Pout (dBm)			P rata- rata (dBm)	$\sigma$
0	-12,62	-12,62	-12,62	-12,62	0
1	-12,61	-12,61	-12,6	-12,61	0,005
2	-12,63	-12,62	-12,61	-12,62	0,008
3	-12,62	-12,61	-12,6	-12,61	0,008
4	-12,63	-12,64	-12,63	-12,63	0,005
5	-12,63	-12,62	-12,62	-12,62	0,005
6	-12,64	-12,65	-12,65	-12,65	0,005
7	-12,63	-12,65	-12,64	-12,64	0,008
8	-12,58	-12,6	-12,59	-12,59	0,008
9	-12,59	-12,58	-12,58	-12,58	0,005
10	-12,6	-12,59	-12,6	-12,60	0,005
11	-12,58	-12,58	-12,58	-12,58	0
12	-12,59	-12,59	-12,56	-12,58	0,014
13	-12,6	-12,61	-12,61	-12,61	0,005
14	-12,61	-12,61	-12,61	-12,61	0
15	-12,62	-12,59	-12,6	-12,60	0,012

**Tabel C.7** *Loss* daya keluaran serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode graded index* 17,82 cm pada jarak 0,06 cm

Arus (A)	Pout (dBm)			P rata-rata (dBm)	$\sigma$
0	-13	-13	-13	-13,00	0
1	-13,09	-13,08	-13,07	-13,08	0,008
2	-13,07	-13,09	-13,09	-13,08	0,009
3	-13,09	-13,09	-13,09	-13,09	0
4	-13,11	-13,1	-13,09	-13,10	0,008
5	-13,1	-13,1	-13,1	-13,10	0
6	-13,12	-13,12	-13,12	-13,12	0
7	-13,09	-13,09	-13,09	-13,09	0
8	-13,1	-13,1	-13,09	-13,10	0,005
9	-13,09	-13,1	-13,09	-13,09	0,005
10	-13,11	-13,11	-13,11	-13,11	0
11	-13,09	-13,1	-13,09	-13,09	0,005
12	-13,12	-13,12	-13,12	-13,12	0
13	-13,12	-13,13	-13,11	-13,12	0,008
14	-13,11	-13,11	-13,11	-13,11	0
15	-13,13	-13,12	-13,12	-13,12	0,005

**Tabel C.8** *Loss* daya keluaran serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode graded index* 17,82 cm pada jarak 1 cm

Arus (A)	Pout (dBm)			P rata-rata (dBm)	$\sigma$
0	-13,15	-13,15	-13,15	-13,15	0
1	-13,15	-13,15	-13,16	-13,15	0,005
2	-13,15	-13,16	-13,17	-13,16	0,008
3	-13,18	-13,19	-13,18	-13,18	0,005
4	-13,18	-13,19	-13,18	-13,18	0,005
5	-13,18	-13,19	-13,18	-13,18	0,005
6	-13,18	-13,19	-13,18	-13,18	0,005



7	-13,2	-13,2	-13,19	-13,20	0,005
8	-13,21	-13,24	-13,2	-13,22	0,017
9	-13,2	-13,2	-13,21	-13,20	0,005
10	-13,2	-13,22	-13,2	-13,21	0,009
11	-13,22	-13,21	-13,2	-13,21	0,008
12	-13,22	-13,22	-13,2	-13,21	0,009
13	-13,21	-13,22	-13,18	-13,20	0,017
14	-13,2	-13,22	-13,2	-13,21	0,009
15	-13,23	-13,22	-13,2	-13,22	0,012

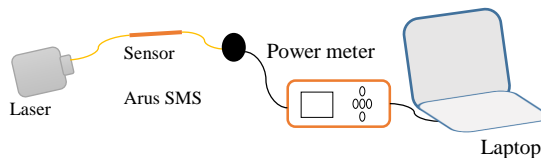
**Tabel C.9** *Loss* daya keluaran serat optik SMS dengan panjang serat optik *multimode graded index* 17,82 cm pada jarak 2 cm

Arus (A)	Pout (dBm)			P rata- rata (dBm)	$\sigma$
0	-13,73	-13,73	-13,73	-13,73	0
1	-13,72	-13,68	-13,66	-13,69	0,025
2	-13,72	-13,7	-13,71	-13,71	0,008
3	-13,69	-13,7	-13,68	-13,69	0,008
4	-13,66	-13,66	-13,67	-13,66	0,005
5	-13,7	-13,71	-13,71	-13,71	0,005
6	-13,7	-13,72	-13,73	-13,72	0,012
7	-13,67	-13,69	-13,68	-13,68	0,008
8	-13,67	-13,69	-13,7	-13,69	0,012
9	-13,68	-13,67	-13,69	-13,68	0,008
10	-13,68	-13,68	-13,66	-13,67	0,009
11	-13,67	-13,66	-13,68	-13,67	0,008
12	-13,69	-13,67	-13,69	-13,68	0,009
13	-13,7	-13,68	-13,72	-13,70	0,016
14	-13,71	-13,68	-13,71	-13,70	0,014
15	-13,72	-13,69	-13,72	-13,71	0,014

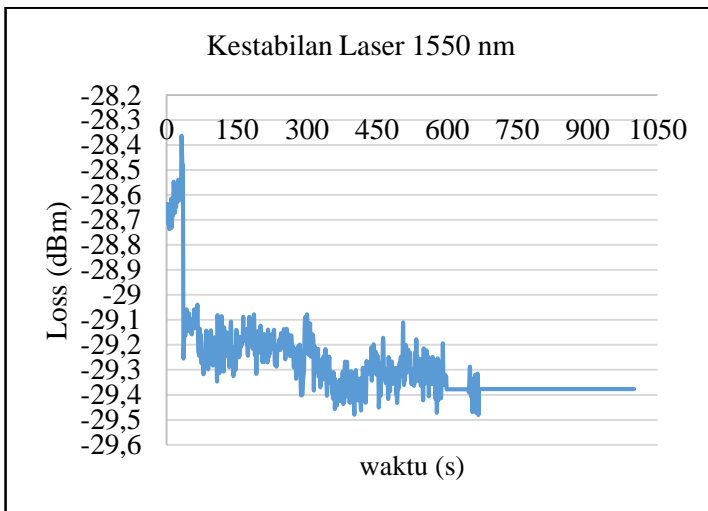
## **LAMPIRAN B**

### **HASIL PENGUJIAN KESTABILAN LASER**

Pengujian kestabilan laser bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan laser tersebut untuk stabil. Pengujian ini dilakukan dengan cara melewatkan cahaya dari laser pada serat optik SMS yang ujungnya disambungkan ke laptop terinstal PM100D untuk menampilkan grafik fluktuasi daya laser terhadap waktu.



**Gambar B.1** Skema Pengujian Kestabilan Lase



**Gambar B.2** Hasil Pengujian Kestabilan Laser

Gambar B.2 menunjukkan grafik hubungan antara *loss* daya serat optik dan waktu yang diperlukan sebuah laser untuk mencapai *steady*. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa waktu untuk mencapai keadaan *steady* sebuah laser dengan panjang gelombang 1550 nm adalah 660 detik atau 11 menit 15 detik. Berarti ketika sebelum menggunakan laser harus dinyalakan terlebih dahulu sampai sekitar 11 menit 15 detik atau sampai keadaan *steady* baru dapat digunakan.

## BIOGRAFI PENULIS



**Rinda Nur Hidayati**-lahir di Jombang, 24 Juni 1993. Penulis merupakan anak pertama dari Munari dan Parniti. Penulis memulai pendidikan di SDN Karangpakis II di Kecamatan Kabuh Jombang pada tahun 1999 hingga 2005. Penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Kabuh dan lulus pada tahun 2008. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 3 Jombang hingga lulus tahun 2011. Selepas lulus dari sekolah menengah atas, penulis melanjutkan pendidikan di Teknik Fisika ITS. Saat berstatus sebagai mahasiswa, penulis aktif dalam kepengurusan Himpunan Mahasiswa Teknik Fisika (HMTF-ITS) serta Laboratorium Rekayasa Fotonika Teknik Fisika ITS. Penulis juga pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Semen Padang pada tahun 2014. Penulis dapat dihubungi melalui email [tfrinda@gmail.com](mailto:tfrinda@gmail.com).